

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Hrvoje Petrunić

Zagreb, 2011.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Hrvoje Petrunić

Zagreb, 2011.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Igoru Balenu na stručnim savjetima prilikom izrade rada.

Hrvoje Petrunić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Hrvoje Petrunić**

Mat. br.: 0035137129

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **PROJEKT SUSTAVA GRIJANJA I PRIPREME POTROŠNE TOPLE VODE ZA OBRAZOVNU USTANOVU**

Naslov rada na engleskom jeziku: **PROJECT OF A HEATING AND DOMESTIC HOT WATER SYSTEM FOR THE EDUCATIONAL INSTITUTION**

Opis zadatka:

Potrebno je proračunati i projektirati instalaciju grijanja za potrebe zgrade veleučilišta, koja se sastoji od triju etaža (prizemlje + 1. kat + 2. kat), ukupne korisne površine 3400 m², prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Za potrebe grijanja predavaonica, kabineta i pomoćnih prostora predvidjeti sustav centralnog radijatorskog grijanja, temperaturnog režima 70°C/55°C. Kao toplinski izvor predvidjeti kondenzacijski kotao s loženjem na prirodni plin. Sustav pripreme potrošne tople vode za kuhinju i sanitarne prostore predvidjeti kao akumulacijski s temperaturom spremnika 60°C. Rad treba obuhvatiti i odsisnu ventilaciju sanitarnih prostora i kuhinje. Zgrada se nalazi na području grada Karlovca.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- srednjetačni priključak na gradsku plinsku mrežu tlaka 3 bar,
- elektro-priključak 220/380V; 50Hz,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:

- analizu sustava grijanja obrazovnih ustanova s osnovnim shemama,
- toplinsku bilancu za zimsko razdoblje,
- tehničko rješenje kotlovnice,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu automatske regulacije za potpuno automatski rad postrojenja,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

17. ožujka 2011.

Rok predaje rada:

19. svibnja 2011.

Predviđeni datum obrane:

25. – 27. svibnja 2011.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Igor Balen

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Mladen Andrassy

Referada za diplomske i završne ispite

Obrazac DS – 3A/PDS – 3A

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	V
POPIS OZNAKA	VI
SAŽETAK.....	VII
1. ANALIZA SUSTAVA GRIJANJA OBRAZOVNIH USTANOVA	1
1.1. Sustavi s prisilnom cirkulacijom (sustavi s pumpom)	1
1.1.1. Jednocijevni sustav	1
1.1.2. Dvocijevni sustav	4
1.2. Ogrjevna tijela i površine	7
1.2.1. Radijatori.....	7
1.2.1.1. Pločasti radijatori	7
1.2.1.2. Člankasti radijatori.....	8
1.2.2. Konvektori	8
1.2.3. Cijevni grijači.....	9
1.2.4. Podno grijanje	10
1.3. Izvori toplinske energije za grijanje.....	12
1.3.1. Izvor topline smješten u vlastitoj kotlovnici.....	12
1.3.2. Daljinsko grijanje.....	12
1.3.2.1. Prednosti i nedostaci distribucijskih medija	12
1.3.2.2. Direktni priključak	13
1.3.2.3. Indirektni priključak.....	14
1.3.3. Grijanje korištenjem dizalica topline	15
2. TOPLINSKA BILANCA ZA ZIMSKO RAZDOBLJE.....	17
3. TEHNIČKI PRORAČUNI I IZBOR OPREME.....	21
3.1. Odabir i dimenzioniranje radijatora	21
3.2. Proračun cjevovoda.....	24
3.3. Proračun pada tlaka kritičnih dionica cjevovoda	29
3.3.1. Prizemlje - Zona 1	29
3.3.2. Prizemlje - Zona 2.....	30
3.3.3. 1. i 2. kat - Zona 1	30
3.3.4. 1. i 2. kat - Zona 2	31
3.4. Sustav pripreme potrošne tople vode	32
3.5. Odabir kotla.....	34
3.6. Dimenzioniranje razdjeljivača - sabirnika	34
3.7. Odabir hidrauličke skretnice	34
3.8. Proračun volumena ekspanzijske posude.....	35
3.9. Odabir pumpi	36
3.9.1. Pumpa za krug grijanja "Prizemlje - Zona 1"	36
3.9.2. Pumpa za krug grijanja "Prizemlje - Zona 2"	37
3.9.3. Pumpa za krug grijanja "1. i 2. kat - Zona 1"	38

3.9.4. Pumpa za krug grijanja "1. i 2. kat - Zona 2"	39
3.9.5. Kotlovska pumpa	40
3.9.6. Pumpa za pripremu PTV-a.....	41
3.10. Ventilacija kotlovnice	42
3.11. Ventilacija sanitarnih čvorova	42
3.11.1. Proračun potrebne količine zraka za ventilaciju	42
3.11.2. Proračun pada tlaka u ventilacijskom kanalu.....	43
3.11.3. Odabir opreme	43
3.12. Ventilacija kuhinje	44
3.12.1. Proračun potrebne količine zraka za ventilaciju	44
3.12.2. Dobavna ventilacija	45
3.12.2.1. Proračun pada tlaka u ventilacijskom kanalu.....	45
3.12.2.2. Odabir opreme	45
3.12.3. Odsisna ventilacija	46
3.12.3.1. Proračun pada tlaka u ventilacijskom kanalu.....	46
3.12.3.2. Odabir opreme	46
3.13. Specifikacija opreme.....	48
3.13.1. Grijanje	48
3.13.2. Ventilacija	52
4. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA	54
4.1. Sustav grijanja.....	54
4.2. Sustav za pripremu PTV-a	55
4.3. Sustavi ventilacije	55
4.3.1. Ventilacija sanitarnih čvorova	55
4.3.2. Ventilacija kuhinje	56
5. ZAKLJUČAK.....	57
LITERATURA.....	58
PRILOZI.....	59

POPIS SLIKA

Slika 1.	Shema spajanja radijatora kod sustava jednocijevnog grijanja	2
Slika 2.	Shema jednocijevnog vertikalnog sustava grijanja s gornjim razvodom	3
Slika 3.	Shema spajanja radijatora kod horizontalnog sustava dvocijevnog grijanja	4
Slika 4.	Shema dvocijevnog sustava grijanja s donjim razvodom	5
Slika 5.	Shema dvocijevnog sustava grijanja s gornjim razvodom	6
Slika 6.	Pločasti radijator	8
Slika 7.	Člankasti radijator	8
Slika 8.	Podni konvektor	9
Slika 9.	Cijevni grijač	9
Slika 10.	Podno grijanje	11
Slika 11.	Shema direktnog priključka daljinskog grijanja	14
Slika 12.	Shema indirektnog priključka daljinskog grijanja	15
Slika 13.	Dizalica topline spojena na sustav podnog grijanja	16
Slika 14.	Radna točka pumpe "Prizemlje - Zona 1"	36
Slika 15.	Radna točka pumpe "Prizemlje - Zona 2"	37
Slika 16.	Radna točka pumpe "1. i 2. kat - Zona 1"	38
Slika 17.	Radna točka pumpe "1. i 2. kat - Zona 2"	39
Slika 18.	Radna točka kotlovske pumpe	40
Slika 19.	Radna točka pumpe za pripremu PTV-a	41
Slika 20.	Radna točka odsisnog ventilatora sanitarnih čvorova	44
Slika 21.	Radna točka dobavnog ventilatora kuhinje	46
Slika 22.	Radna točka odsisnog ventilatora kuhinje	47

POPIS TABLICA

Tablica 1. Proračunski gubici topline svih prostorija.....	18
Tablica 2. Toplinski učinak radijatora Lipovica Solar 600 na ostalim temperaturnim režimima.....	21
Tablica 3. Dimenzioniranje radijatora.....	21
Tablica 4. Maksimalne preporučene brzine strujanja vode u cijevima	24
Tablica 5. Proračun glavnih grana cjevovoda	25
Tablica 6. Pad tlaka kritične dionice "Prizemlje - Zona 1"	29
Tablica 7. Pad tlaka kritične dionice "Prizemlje - Zona 2"	30
Tablica 8. Pad tlaka kritične dionice "1. i 2. kat - Zona 1"	30
Tablica 9. Pad tlaka kritične dionice "1. i 2. kat - Zona 2"	31
Tablica 10. Volumen vode u sustavu grijanja	35
Tablica 11. Proračun pada tlaka kritične dionice ventilacijskog kanala sanitarnog čvora.....	43
Tablica 12. Proračun pada tlaka kritične dionice dobavnog ventilacijskog kanala kuhinje.....	45
Tablica 13. Proračun pada tlaka kritične dionice odsisnog ventilacijskog kanala kuhinje	46

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

01-2011	Tlocrt prizemlja
02-2011	Tlocrt 1. kata
03-2011	Tlocrt 2. kata
04-2011	Shema usponskih vodova - prizemlje
05-2011	Shema usponskih vodova - 1. i 2. kat
06-2011	Tlocrt kotlovnice
07-2011	Funkcionalna shema spajanja
08-2011	Ventilacija sanitarnog čvora
09-2011	Ventilacija kuhinje

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
A	m^2	Površina
a	$m^3/(m \cdot Pa^{2/3})$	Koeficijent propusnosti procjepa
c	J/kgK	Specifični toplinski kapacitet
d	m	Promjer
H		Karakteristika zgrade
k	W/(m ² K)	Koeficijent prolaza topline
l	m	Dužina procjepa
n		EkspONENT grijača
L	m	Dužina dionice cjevovoda
p	Pa	Tlak
Δp	Pa	Pad tlaka
q_v	m ³ /s	Volumenski protok
R	Pa/m	Linijski pad tlaka
r		Karakteristika prostorije
V	m ³	Volumen
w	m/s	Brzina
Z	Pa	Lokalni pad tlaka
β	h ⁻¹	Broj izmjena zraka
ε		Visinski korekcijski faktor
φ		Faktor istovremenosti
ϑ	°C	Temperatura
ρ	kg/m ³	Gustoća
Φ	W	Toplinski učinak
ζ		Koeficijent lokalnog otpora

SAŽETAK

U radu je projektiran sustav grijanja zgrade Veleučilišta u Karlovcu. Prikazana je i analiza sustava grijanja obrazovnih ustanova s osnovnim shemama. Naglasak je stavljen na sustave grijanja koji se u današnje vrijeme najviše primjenjuju i na one koji će se sve više primjenjivati u budućnosti, dok sustavi grijanja koji se smatraju zastarjelima nisu obuhvaćeni ovom analizom. Prema zadanoj arhitektonskoj podlozi zgrade izračunati su gubici topline za svaku prostoriju za zimsko razdoblje, te za cijelu zgradu iznose ukupno $\Phi_{GT}=318 \text{ kW}$. Prema izračunatoj toplinskoj bilanci dimenzionirani su radijatori, te je određen i njihov raspored u prostorijama. Odabrani su člankasti radijatori tip Solar 600, proizvod tvrtke Lipovica, te je izračunato da je potrebno ukupno 2852 članaka za grijanje cijele zgrade. Dimenzioniranje cjevovoda je izvršeno prema toplinskom učinku odabranih ogrjevnih tijela., uz podjelu zgrade na četiri zone grijanja ($\Phi_{G,P1}=53144 \text{ W}$, $\Phi_{G,P2}=46166 \text{ W}$, $\Phi_{G,K1}=105946 \text{ W}$ i $\Phi_{G,K2}=126455 \text{ W}$). Tehničko rješenje kotlovnice uključuje odabir plinskog kondenzacijskog kotla toplinskog učinka $\Phi_{K,n}=370 \text{ kW}$, akumulacijskog spremnika potrošne tople vode volumena $V_{PTV}=300 \text{ l}$, zatvorene membranske ekspanzijske posude $V_n=400 \text{ l}$, razdjeljivača-sabirnika NO150, toplovodnih cirkulacijskih crpki, te ostale pripadajuće armature. Rad obuhvaća i tehničko rješenje odsisne ventilacije sanitarnih prostora, te odsisnu i dobavnu ventilaciju kuhinje.

1. ANALIZA SUSTAVA GRIJANJA OBRAZOVNIH USTANOVA

Obrazovne ustanove najčešće se griju nekim od toplovodnih sustava centralnog grijanja. Jedini toplovodni sustavi koji se ne koriste su toplovodni sustavi s prirodnom cirkulacijom (gravitacijski) i to prvenstveno zbog slabe mogućnosti regulacije. Regulacija je bitan element sustava grijanja obrazovnih ustanova, i to prvenstveno zbog specifičnog radnog vremena. Potrebno je da sve prostorije budu ugrijane na njihovu projektnu temperaturu tijekom radnog vremena ustanove, što je u većini slučajeva od ponedjeljka do petka između 7h i 19h. Kvalitetnom regulacijom omogućava se održavanje projektne temperature prostorija tijekom radnog vremena i održavanje snižene temperature u vrijeme kada ustanova ne radi uz najmanju potrošnju energije.

1.1. Sustavi s prisilnom cirkulacijom (sustavi s pumpom)

Cirkulacija vode u sustavu postiže se pomoću toplovodne cirkulacijske pumpe.

Prednosti sustava s prisilnom cirkulacijom:

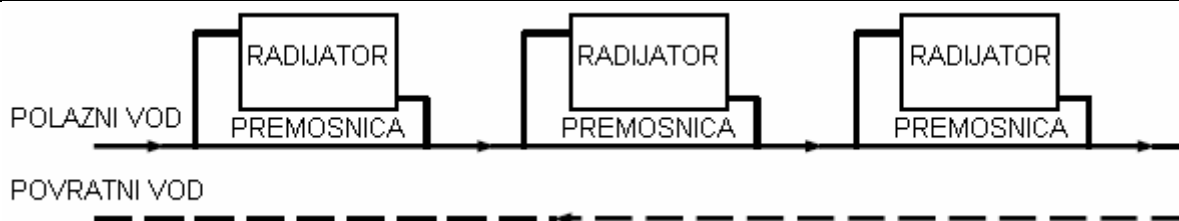
- brzo zagrijavanje sustava
- dobro centralno i lokalno upravljanje
- cijevna mreža je manjih promjera

Nedostaci sustava s prisilnom cirkulacijom:

- ovisi o opskrbi električnom energijom
- stalna potrošnja električne energije

1.1.1. Jednocijevni sustav

Najjednostavniji i najjeftiniji sustav toplovodnog grijanja predstavlja jednocijevno grijanje sa serijskim spajanjem ogrjevnih tijela. Jedan cjevovod se koristi i za polaznu i za povratnu cirkulaciju vode. Protok vode kroz ogrjevna tijela je konstantan, pri čemu voda prostruji kroz sve radijatore na pojedinoj dionici. Zbog toga je potrebna pumpa s većom visinom dobave.



Slika 1. Shema spajanja radijatora kod sustava jednocijevnog grijanja

Nedostatak starijih sustava je što se toplinski učinak pojedinih ogrjevnih tijela često ne može lokalno regulirati. Znatno poboljšanje jednocijevnog grijanja postiže se tako da se ogrjevna tijela postavljaju u ogranke glavnih razvodnih vodova, te se opremaju i regulacijskim ventilima. U tom slučaju je moguće reguliranje učinka pojedinih ogrjevnih tijela.

Svako ogrjevno tijelo nalazi se u hidrauličnoj i paralelnoj vezi sa polaznim vodom, tako da kroz ogrjevno tijelo i ogranak struji voda. Na priključku povratnog voda u ogranku ogrjevnog tijela vrši se miješanje dvije struje zbog čega se snižava temperatura. Slijedeće ogrjevno tijelo u smjeru strujanja radi hidraulički na isti način, ali sa nešto nižom temperaturom polaznog voda u odnosu na prethodno ogrjevno tijelo. Ostala ogrjevna tijela u pravcu strujanja rade po istom principu, odnosno svako slijedeće ogrjevno tijelo ima nižu temperaturu od prethodnog, što je važno pri dimenzioniranju ogrjevnih tijela kako bi se sa povećanjem ogrjevnog površine pokrio temperaturni pad. Jedini način da se to izbjegne je primjena dvocijevnog sustava.

Cijevni vod može biti u horizontalnom i vertikalnom pravcu. U vertikalnom cijevnom vodu moguć je i gornji i donji razvod kao i kombinacija oba razvoda. U horizontalnom cijevnom vodu cijevi se često ugrađuju u pod.

Prednosti horizontalnog cijevnog voda

- moguće je zatvaranje i reguliranje po katovima
- manje proboja međukatne konstrukcije
- lakša nadogradnja sustava
- jednostavna montaža
- lakše mjerenje potrošnje topline

Prednosti vertikalnog cijevnog voda:

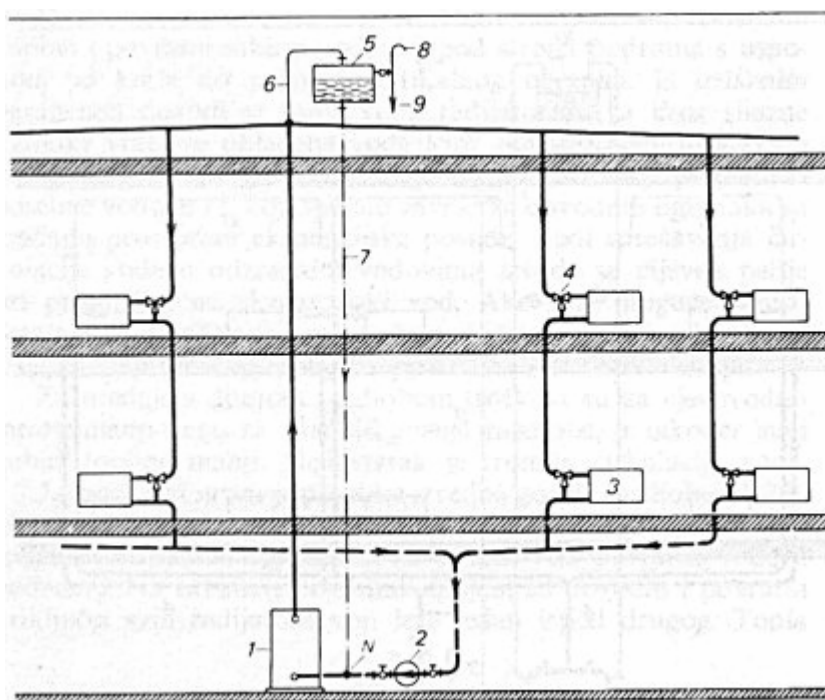
- lakša montaža

Nedostaci oba sistema:

- isključivanje pojedinih ogrjevnih tijela utječe na ostala
- potrebne veće ogrjevne površine za svako ogrjevno tijelo koje je dalje od priključka polaznog voda

Vertikalno jednocijevno grijanje naročito je pogodno za višekatnice jer tu najmanji utjecaj zatvaranja pojedinih ogrjevnih tijela na ostala.

U manjim obrazovnim ustanovama jednocijevno grijanje s prisilnom cirkulacijom se pokazalo kao prihvatljivo jeftinije rješenje. Uglavnom se koriste toplinski izolirane bakrene cijevi. Cijevi se uglavnom postavljaju u podu, zbog čega upotreba čeličnih cijevi nije poželjna, zbog opasnosti od korozije. Kod postavljanja cijevi u podu pražnjenje sustava je otežano.



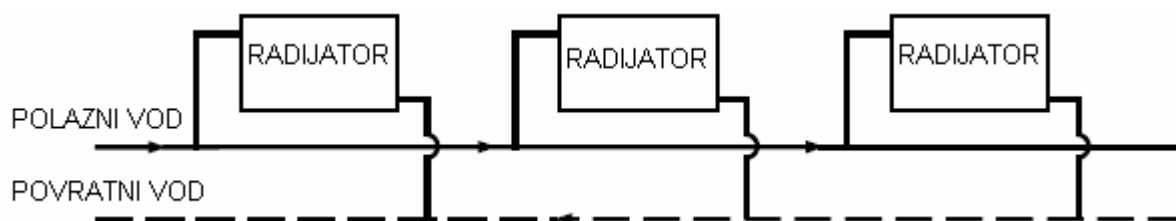
Slika 2. Shema jednocijevnog vertikalnog sustava grijanja s gornjim razvodom

1. kotao
2. pumpa
3. radiator
4. troputni ventil
5. otvorena ekspanzijska posuda
6. sigurnosni polazni vod

7. sigurnosni povratni vod
8. odzračivanje
9. preljev

1.1.2. Dvocijevni sustav

To je najčešći sustav dovođenja topline do potrošača. Svako ogrjevno tijelo je priključeno na odvojeni polazni i povratni vod, te dobiva vodu približno iste temperature iz polaznog voda. Regulacija toplinskog učinka vrši se pomoću regulacijskog ventila prigušivanjem protoka vode.



Slika 3. Shema spajanja radijatora kod horizontalnog sustava dvocijevnog grijanja

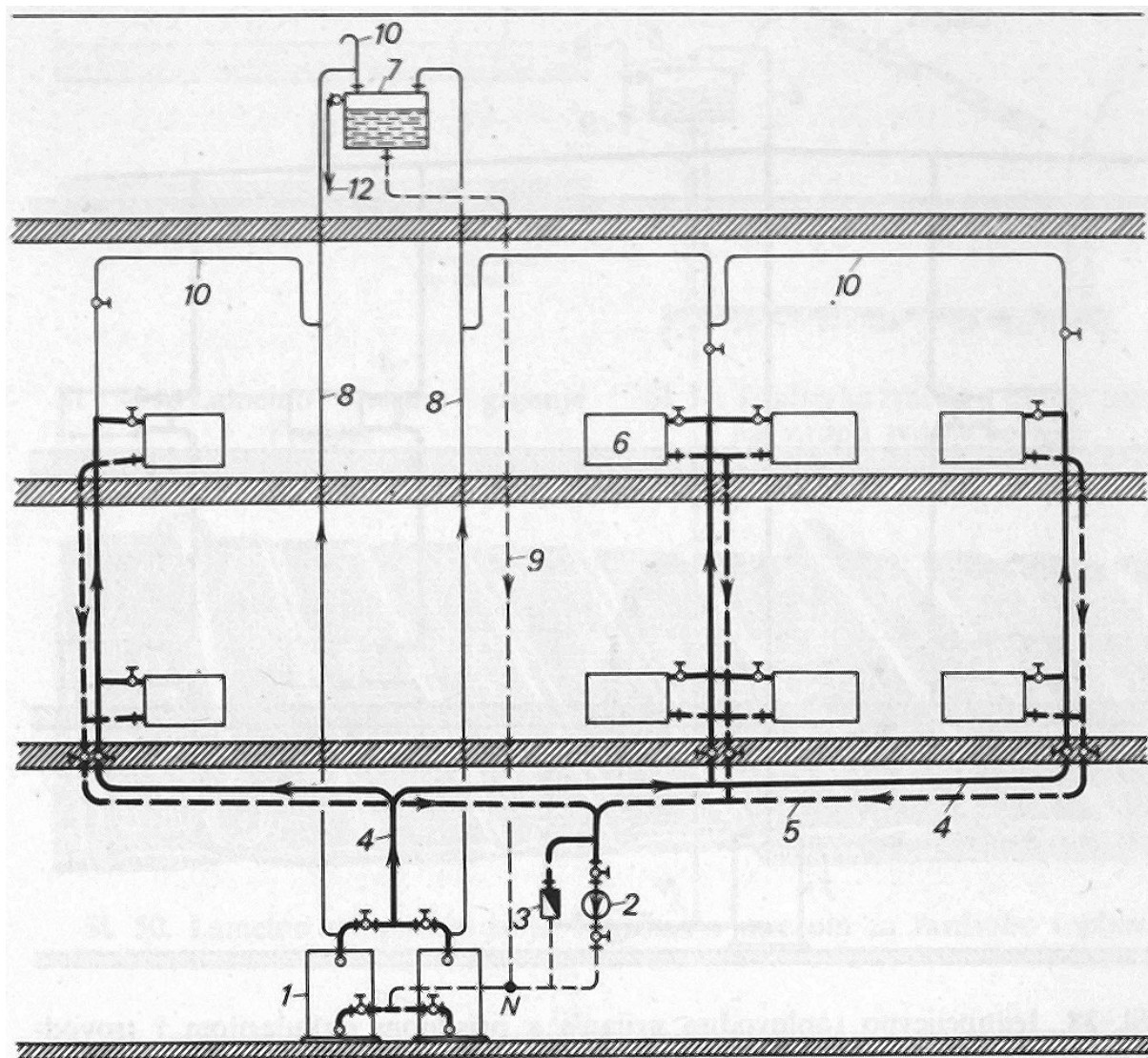
Razlikuju se donji i gornji razvod ogrjevnog vode.

Pri donjem razvodu (koji se najčešće primjenjuje) polazni i povratni vodovi postavljaju se ispod stropa podruma. Iz njih ogrjevna voda preko polaznih usponskih vodova struji u ogrjevna tijela i zatim se preko povratnih vertikalnih vodova vraća u kotao. Na najvišem mjestu predviđeno je centralno ili lokalno odzračivanje.

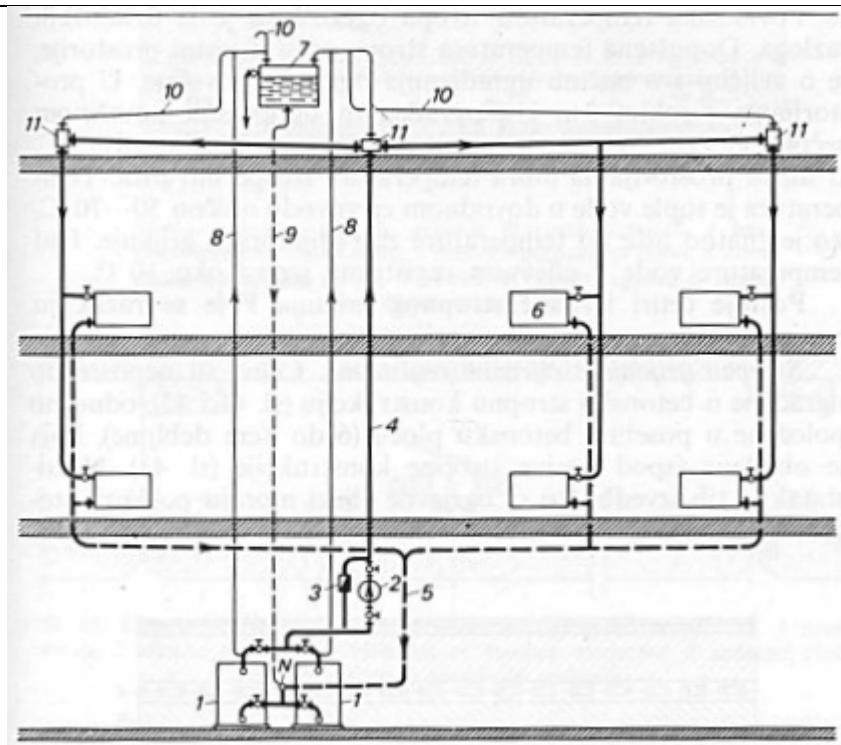
Pri gornjem razvodu ogrjevnog vodu potiskuje pumpa u usponski vod do krova, odakle se preko polaznih vodova razvodi prema spušnim dionicama do ogrjevnog tijela. Preko povratnih vertikalnih vodova ogrjevna voda se vraća u kotao. Odzračivanje je centralno na najvišem mjestu. Primjena ovog sustava pogodna je naročito onda kada u podrumu nema mjesta za cjevovod.

Donji razvod je jeftiniji, ali je grijanje inertnije nego pri gornjem razvodu. U prvom sustavu toplina se razvodi iz podruma, a u drugom u prostoru krova, odnosno toplina se gubi na krovu.

Pored donjeg i gornjeg razvoda u dvocijevnom sustavu ogrjevnne površine mogu biti postavljene i horizontalno. Ovdje je ukupna dužina priključka (polazni i povratni) ista od kotlovnice do svakog ogrjevnog tijela.



Slika 4. Shema dvocijevnog sustava grijanja s donjim razvodom



Slika 5. Shema dvocijevnog sustava grijanja s gornjim razvodom

1. kotlovi
2. cirkulacijska pumpa
3. povratna zaklopka
4. polazni vod
5. povratni vod
6. radiator
7. otvorena ekspanzijska posuda
8. sigurnosni polazni vodovi
9. sigurnosni povratni vod
10. odzračni vodovi
11. odzračne posude
12. preljev

1.2. Ogrjevna tijela i površine

Ogrjevna tijela koja se pretežno koriste za grijanje obrazovnih ustanova su radijatori i panelni grijači (podno grijanje). Njihova svrha je da toplinu dobivenu od ogrjevnog vode konvekcijom ili zračenjem prenesu na zrak u prostoriji. Dije se na slobodne i panelne grijače integrirane u građevinskim elementima (površinski sustavi grijanja kao podno i zidno grijanje).

Ogrjevnog površine koje se uglavnom koriste, prenose toplinu na prostorije konvekcijom i zračenjem. Pri tome udio zračenja i konvekcije varira kod različitih sustava. Toplozračna grijanja su čisti konvekcijski ogrjevni sustavi, dok zidna i podna grijanja imaju visok udio zračenja.

Temperaturni režim može se slobodno birati. Za niže temperaturne režime potrebne su veće površine ogrjevnog tijela, ali je ravnomjernija distribucija topline u prostoriji. Postojeće ogrjevnog površine su u pravilu fiksne i određuju temperaturni režim.

U praksi može doći do smanjenja toplinskog učinka ogrjevnog tijela i to iz raznih razloga poput ugradnja ogrjevnog tijela u niše, pokrivanje maskama i ostalim ukrasnim građevinskim elementima.

1.2.1. Radijatori

1.2.1.1. Pločasti radijatori

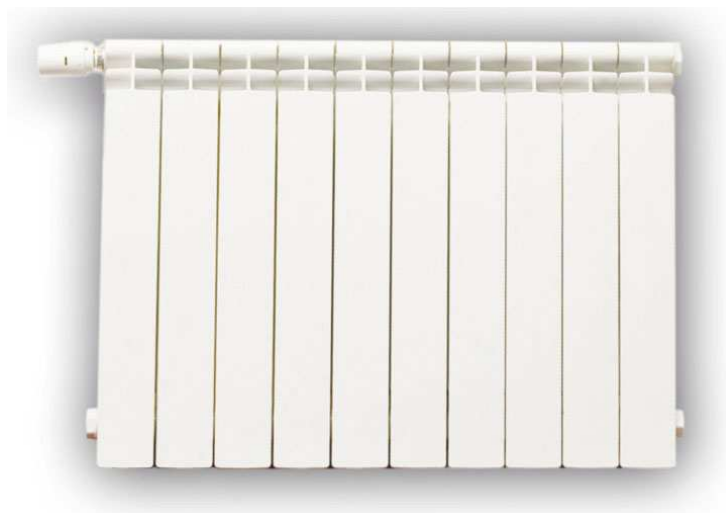
Izrađeni su od zavarenih čeličnih ploča. To su izgledom moderna i cijenom povoljna ogrjevna tijela. Imaju mali sadržaj vode, a po dužnom metru imaju visok toplinski učinak. Sastoje se od konvektorskih limova. To su vertikalni vodeći limovi od čelika ili aluminija (lamele) i postavljeni su na jednoj strani ploče. Oni služe za povećanje odavanja topline konvekcijom. Zadnja strana ploče djeluje kao konvekcijska ogrjevna površina, dok prednja strana uglavnom odaje toplinu zračenjem. Udio konvekcije se povećava sa brojem konvektorskih limova. Osnovni mehanizam izmjene topline je konvekcija.



Slika 6. Pločasti radijator

1.2.1.2. Člankasti radijatori

Radijatori se sastoje od većeg broja članaka iste veličine poredanih jedan pored drugog i na taj način čine ogrjevne površine raznih veličina. Izrađuju se iz ljevanog željeza/aluminija ili su zavareni od čelika. Prednost im je što se od članaka mogu sastaviti radijatori svih veličina (od najmanjih do najvećih). Osnovni mehanizam izmjene topline je konvekcija.



Slika 7. Člankasti radijator

1.2.2. Konvektori

Konvektori su izmjenjivači topline izrađeni od rebrastih čeličnih cijevi ili od bakrenih cijevi s aluminijskim lamelama. Ugrađuju se u niše, podove ili u kućišta. Zbog uzgonskog efekta zrak kroz konvektor struji povećanom brzinom čime se dobiva učinkovitiji prijelaz topline.

Konvektori su jeftiniji, manji, lakši i brže se zagrijavaju nego radijatori, ali je čišćenje otežano. Postoje i ventilokonvektori; konvektori u kojima se strujanje zraka ostvaruje prisilno ugrađenim ventilatorom. Osnovni mehanizam izmjene topline je konvekcija.



Slika 8. Podni konvektor

1.2.3. Cijevni grijači

Cijevni grijači su ogrjevna tijela jednostavne konstrukcije izrađena od glatkih cijevi. Izvode se jednostruko (u obliku cijevnih zavoja) ili kao cijevni registri (baterija paralelno spojenih cijevi). Upotrebljavaju se uglavnom za grijanje nusprostorija (npr. u obliku sušila za ručnike). Imaju mali ogrjevni učinak, a osnovni mehanizam izmjene topline je konvekcija.



Slika 9. Cijevni grijač

1.2.4. Podno grijanje

Podno grijanje dvije trećine topline odaje zračenjem i jednu trećinu konvekcijom. Podno grijanje se sastoji od ogrjevnih cijevi u betonu, estrihu ili u šupljim prostorima poda.

Bitna prednost podnog grijanja su niski temperaturni režimi (pogodno za dizalice topline, niskotemperaturne kotlove i solarno grijanje). Ne zauzima prostor kao sobna ogrjevna tijela u zoni boravka i može postići ravnomjernu distribuciju topline u prostoriji.

Nedostatak sustava postavljenih u estrihu je veća inertnost ogrjevnih površina zbog čega je slabija mogućnost regulacije. Investicijski troškovi su veći, a naknadna promjena sustava grijanja je gotovo nemoguća.

Podni ogrjevni sustavi se dijele na mokre i suhe. Kod mokrih sustava cijevi leže iznad izolacijskog sloja u estrihu. Ogrjevne cijevi pričvršćene su za podlogu i postavljaju se direktno na toplinsku izolaciju ili na ploču pripremljenu za to. Betonska košuljica sa metalnim uloškom za bolju toplinsku vodljivost omogućuje ravnomjernu distribuciju topline.

Kod suhog sustava cijevi se postavljaju u ploče od pjenastih materijala i pokrivaju pločama. Suhi sustavi imaju manju konstruktivnu visinu i pogodni su za naknadno izvođenje podnih grijanja u postojećim zgradama.

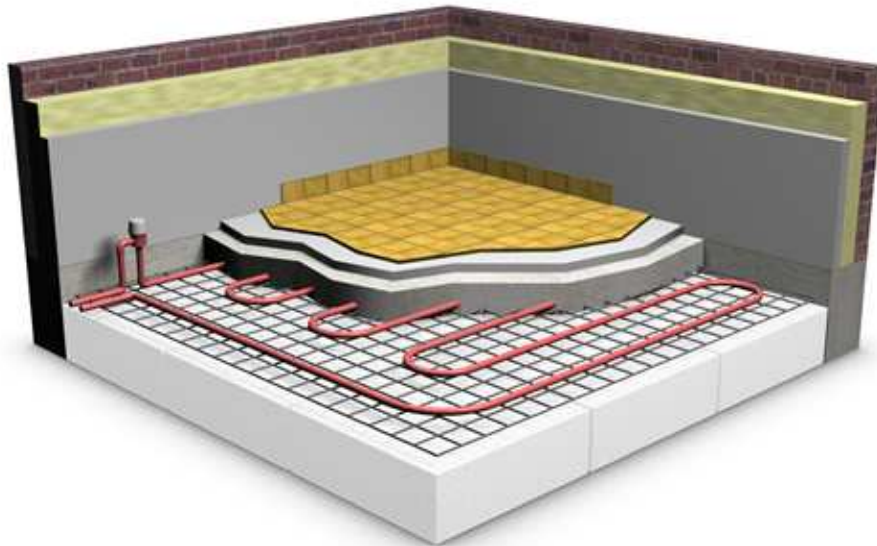
Kako bi se postigla toplinska ugodnost temperatura poda ne bi trebala prelaziti navedene temperature:

- za zonu boravka 29°C
- za rubne zone 35°C
- za kupaonice 33°C

Iz gore navedenih graničnih uvjeta može se izračunati maksimalni toplinski učinak podnog grijanja; u zoni boravka i kupaonicama do 100 W/m², a u rubnim zonama do 175 W/m². Udaljenost između dviju susjednih cijevi kreće se od 10 cm do 30 cm, ovisno o željenom toplinskom učinku.

Cijevi iz prostorije se vode do razvodnika i sabirnika koje se nalaze u hodnicima. Razvodnici ogrjevnih krugova moraju biti opremljeni armaturom za ručno zatvaranje, automatsko reguliranje sobne temperature i hidrauličko podešavanje sustava.

Cijevi koje se uglavnom koriste su proizvedene od sintetičkog materijala. Ranije su se koristile i cijevi od bakra koje su pokazale dobre karakteristike, no zbog više cijene danas se rijetko koriste.



Slika 10. Podno grijanje

1.3. Izvori toplinske energije za grijanje

1.3.1. Izvor topline smješten u vlastitoj kotlovnici

Izvor topline je kotao smješten u vlastitoj kotlovnici. Kotlovnica je samostojeća ili određena prostorija unutar zgrade druge namjene u kojoj se nalazi jedan ili više kotlova loženih određenim gorivom. Prednost predstavlja neovisnost o vanjskim dobavljačima toplinske energije, mogućnost odabira energenta (plin, loživo ulje,...), te rad sustava samo onda kada postoji stvarna potreba za grijanjem. Nedostatak predstavljaju veći investicijski troškovi i troškovi održavanja sustava.

1.3.2. Daljinsko grijanje

Toplinska energija iz središnjeg izvora prenosi se distribucijskim medijem do potrošača. Središnji izvor energije može biti kotao, geotermalna energija, solarna, te energija dobivena pri proizvodnji struje. Cijevnu mrežu čine predizolirane cijevi i cijevi izolirane pri polaganju u betonske tunele ili direktno zakpane. U Hrvatskoj se najviše koristi dvocijevni sustav, a kao distribucijski medij se koristi para (bez povrata kondenzata) stanja 9bar/235°C ili 17bar/250°C, te vrela voda zagrijana na 110°C ili 130°C.

1.3.2.1. Prednosti i nedostaci distribucijskih medija

Prednosti pare:

- nema cirkulacijske pumpe
- nema dodatnih troškova za održavanje pritiska
- visok temperaturni nivo
- mogućnost priključka različitih potrošača topline

Nedostaci pare:

- potrebni su veći promjeri cijevi cijevne mreže
- veći troškovi za odvodnjavanje
- problem korozije pri vraćanju kondenzata
- veći gubici topline
- manja mogućnost regulacije

Prednosti vode:

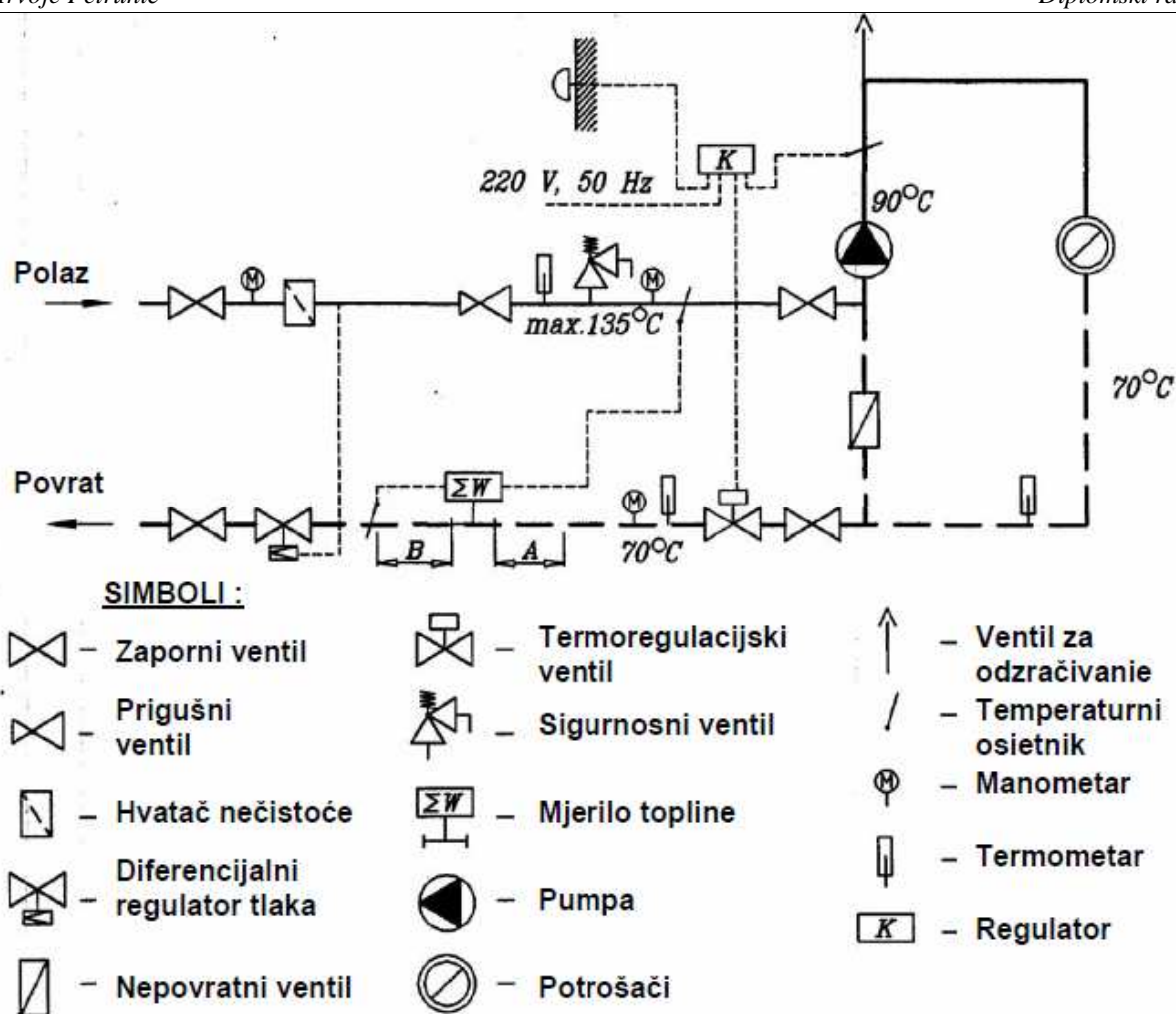
- lako pokrivanje vršnih opterećenja višim temperaturama polaznog voda
- moguća je centralna regulacija
- jeftinije održavanje sustava
- mali gubici topline
- akumulacijska sposobnost mreže
- distribucija topline na velike udaljenosti

Nedostaci vode:

- veći pogonski troškovi zbog prisilne cirkulacije vode
- skuplji mjerni uređaji

1.3.2.2. Direktni priključak

Kod direktnog priključka nema razdvajanja između krugova vode daljinskog grijanja i sustava unutar zgrade (npr. izmjenjivača topline u sustavu ventilacije, radijatora, procesnog opterećenja,...). Voda koja cirkulira sustavom daljinskog grijanja ima istu kvalitetu kao i voda potrošača, te stoga komponente potrošačkih sustava moraju biti prilagođene za tlakove, temperature i kemijski sastav vode daljinskog grijanja. Ekonomičnost je veća nego kod indirektnog priključka, jer potrošači ne trebaju dodatne izmjenjivače topline, cirkulacijske pumpe i sustave pripreme vode. Tlak u glavnom distribucijskom sustavu mora zadovoljavati lokalne građevinske pravilnike da bi se zaštitile instalacije potrošača. U obzir se mora uzeti utjecaj statičkog tlaka kod visokih zgrada. Termoregulacijskim ventilom se regulira protok radi postizanja konstantnog protoka polazne tople vode ili održavanje povratne temperature na strani potrošača. Tražena temperatura polaza prema potrošačima se postiže miješanjem povratne vode sa polazom tople vode sustava daljinskog grijanja. Temperatura polazne vode daljinskog grijanja ovisi o vanjskoj temperaturi. Diferencijalni regulator tlaka održava konstantan pad tlaka na prigušnici u cijevi polaza, čime je protok vode ograničen na maksimalno ugovorenu vrijednost. Količina potrošene energije za grijanje se mjeri kalorimetrom (mjerilom toplinske energije).



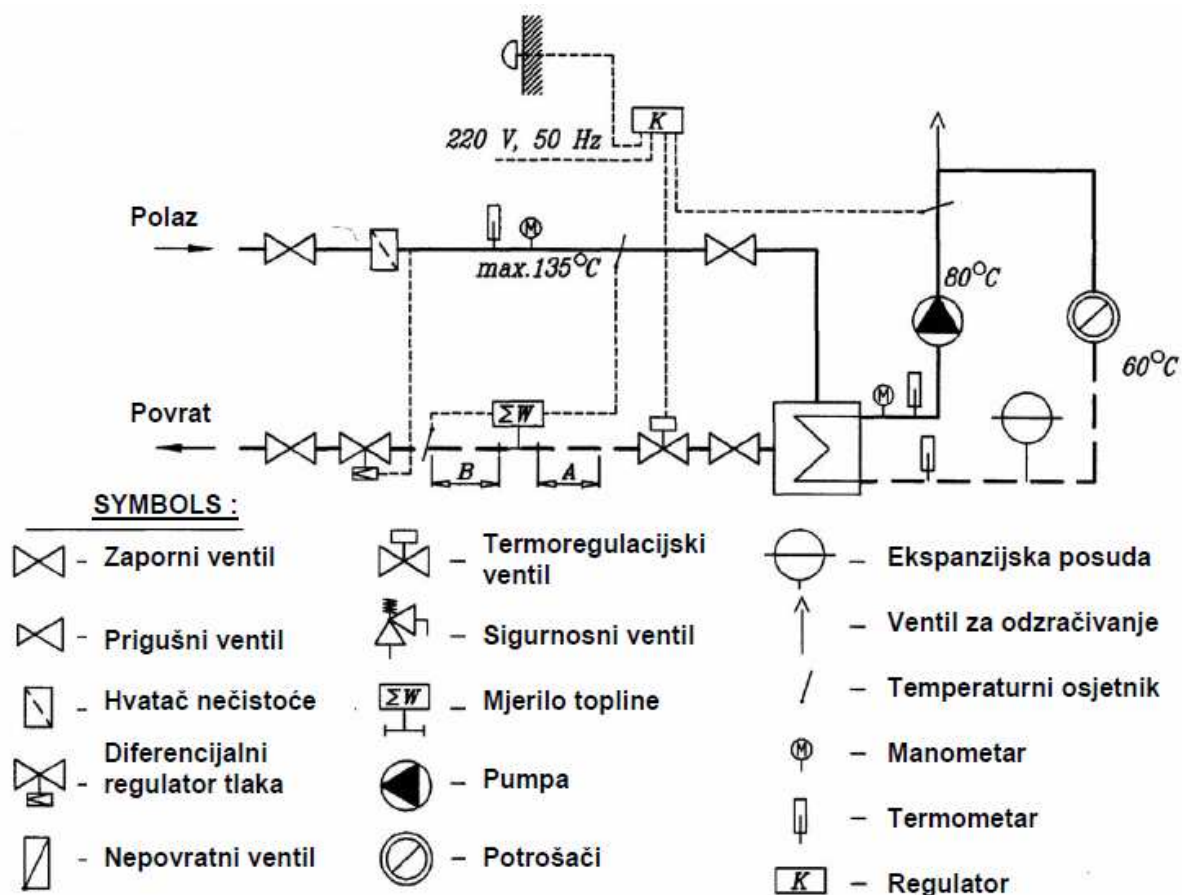
Slika 11. Shema direktnog priključka daljinskog grijanja

1.3.2.3. Indirektni priključak

Između sustava daljinskog grijanja i sustava grijanja u zgradi postavljen je izmjenjivač topline koji prenosi toplinu. Njime se omogućuje održavanje tlaka vode u visokim zgradama, sprječava miješanje tekućina dviju strana (koje mogu biti različito kemijski pripremljene). Potrošači moraju sami nadoknađivati sve svoje gubitke vode. Dodatne troškove predstavlja izmjenjivač topline, dodatni toplinski gubitci, te povećanje potrebne snage pumpe zbog dodavanja još jednog izmjenjivača topline. Standardne temperature polaza/povrata vode sustava daljinskog grijanja su 160/80°C, 150/90°C, 130/70°C, 110/50°C.

Regulacija na strani sustava daljinskog grijanja je slična direktnom priključku. Tražena temperatura polaza prema potrošačima se postiže promjenom protoka vode sa strane

daljinskog grijanja kroz izmjenjivač topline. Danas se često koriste i tvornički proizvedene "kompakt-stanice" daljinskog grijanja.



Slika 12. Shema indirektnog priključka daljinskog grijanja

1.3.3. Grijanje korištenjem dizalica topline

Sustavi grijanja s dizalicama topline su se već počeli primjenjivati za grijanje obrazovnih ustanova, a njihova primjena će sigurno biti sve veća u budućnosti.

Pomoću dizalice topline moguće je uložnim radom u kružnom procesu oduzeti toplinu od okoline, kako bi se ista na višem temperaturnom nivou koristila za grijanje, pri čemu je količina topline mnogostruko veća od toplinskog ekvivalenta utrošenog rada. Dizalicama topline na električni pogon može se postići isporuka topline od 3 do 4 kW/kW kapaciteta kompresora, dok se pri direktnom elektrootpornom grijanju može dobiti najviše 1 kW topline. Ukupna toplina kojom se raspolaže za grijanje sastoji se iz dva dijela: toplinske niske

temperature koja je pomoću pumpe postigla višu temperaturu i toplinskog ekvivalenta za to uložnog rada.

Dizalica topline radi kao rashladni uređaj, samo sa razlikom što nije bitan rashladni kapacitet isparivača već toplinski kapacitet kondenzatora. Pomoću dizalica topline mogu se relativno hladni izvori topline iskoristiti u svrhu grijanja, pripreme potrošne tople vode, zagrijavanje bazena i sl. Tipični izvori topline su podzemne vode, zemlja i vanjski zrak.

Toplovodno centralno grijanje je uobičajeni sustav za grijanje obrazovnih ustanova. Stariji sustavi projektirani su za temperaturu polaznog voda od 90°C. Stoga dizalice topline ne mogu pokriti maksimalno toplinsko opterećenje zgrade, pošto one rade s polaznom temperaturom od samo 50°C (ogrjevnna tijela su poddimenzionirana). Radi uštede energije danas se projektiraju nova toplovodna centralna grijanja za niže temperature u polaznom vodu sa većim ogrjevnim tijelima ili toplovodna podna grijanja koja su najpovoljnija za rad sa dizalicom topline. Većim ogrjevnim površinama omogućujemo rad sustava sa nižim temperaturama polaznog voda, čime se povećava učinkovitost dizalica topline.



Slika 13. Dizalica topline spojena na sustav podnog grijanja

2. TOPLINSKA BILANCA ZA ZIMSKO RAZDOBLJE

Potrebna količina topline za grijanje proračunata je po normi DIN 4701.

Projektni toplinski gubici prostorije jednaki su sumi projektnih transmisijskih gubitaka i projektnih ventilacijskih gubitaka prostorije. (1)

$$\Phi_G = \Phi_T + \Phi_V \quad (1)$$

Projektni transmisijski gubici računaju se posebno za svaku plohu u prostoriji, te njihov zbroj čini ukupni transmisijski gubitak prostorije. (2)

$$\Phi_G = A \cdot k \cdot (v_i - v_a) \quad (2)$$

Kod projektnih ventilacijskih gubitaka računamo minimalnu potrebnu toplinu za ventilaciju (3)

$$\Phi_{Vmin} = \beta \cdot V \cdot \rho \cdot c_p \cdot (v_i - v_a) \quad (3)$$

i potrebnu količinu topline uslijed prirodne ventilacije. (4)

$$\Phi_{PVII} = \varepsilon \cdot \sum (a \cdot l) \cdot r \cdot H \cdot (v_i - v_a) \quad (4)$$

Veća dobivena vrijednost od te dvije uzima se za Φ_V .

Vanjska projektna temperatura za grad Karlovac iznosi $v_a' = -18^\circ\text{C}$. Međutim, zbog težine konstrukcije zgrade $\frac{m}{\sum A_d} > 1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ vanjska projektna temperatura se korigira za 4°C , te iznosi $v_a = -14^\circ\text{C}$.

Unutarnja projektna temperatura v_i iznosi 20°C za sve prostorije osim za stubišta i spremišta koja se griju na 15°C . U prizemlju se nalaze i dva spremišta koja se griju na 5°C samo kako bi se zaštitila od smrzavanja.

U Prilogu I. nalazi se ručni proračun toplinskih gubitaka prostorije 001.

U Prilogu II. nalazi se proračun toplinskih gubitaka svih prostorija izrađen pomoću softvera INTEGRA 90.

Tablica 1. Proračunski gubici topline svih prostorija

PROSTORIJA	NAZIV PROSTORIJE	v_i [°C]	Φ_g [W]
001	Laboratorij	20	2931
002	Laboratorij	20	2647
003	Laboratorij	20	2697
004	Laboratorij	20	2647
005	Laboratorij	20	4459
006	Laboratorij	20	2460
007	Laboratorij	20	2326
008	Laboratorij	20	3123
009	Spremište	5	1384
011	Spremište	5	1213
012	Kućni majstor	20	3922
014	Laboratorij	20	3812
016	Referada	15	5169
017	Referada	20	4390
019	Porta	20	3552
020	Spremište	15	1327
021	Menza	20	3858
022	Menza	20	2102
023	Laboratorij	20	2741
024	Pivovara	20	2542
025	Pivovara	20	2151
026	Predavaonica	20	2639
027	Predavaonica	20	6667
028	Kabinet	20	2346
029	Kabinet	20	2605
030	Stubište	15	1879
031	WC	20	3048
032	WC	20	1407
033	WC	20	1407
034	WC	20	3960
101	Kabinet	20	1415
102	Predavaonica	20	5776
103	Predavaonica	20	3895
104	Kabinet	20	1222
105	Kabinet	20	2096
106	Kabinet	20	2241
107	Kabinet	20	3653
108	Spremište	15	863
110	Računalni kabinet	20	4175
111	Predavaonica	20	4411
112	Administracija	20	866
113	Administracija	20	1188
114	Administracija	20	2428

115	Administracija	20	1051
116	Administracija	20	1246
117	Administracija	20	3251
118	Administracija	20	1256
119	Kabinet	20	1911
120	Predavaonica	20	3121
121	Kabinet	20	1573
122	Predavaonica	20	4634
123	Kabinet	20	1266
124	Kabinet	20	1551
125	Stubište	15	2069
127	WC	20	3408
128	WC	20	750
129	WC	20	3408
130	WC	20	750
131	Hodnik	20	3922
132	Hodnik	20	8321
133	Hodnik	20	7874
134	Hodnik	20	4467
135	Hodnik	20	4300
136	Hodnik	20	5054
201	Predavaonica	20	9146
202	Predavaonica	20	7371
203	Predavaonica	20	8205
204	Kabinet	20	4129
205	Kabinet	20	1790
206	Kabinet	20	2428
207	Predavaonica	20	4844
208	Predavaonica	20	6342
209	Kabinet	20	1729
210	Kabinet	20	2056
211	Kabinet	20	2340
212	Kabinet	20	1918
213	Kabinet	20	1774
214	Kabinet	20	4748
215	Kabinet	20	2305
216	Predavaonica	20	3399
217	Kabinet	20	2750
218	Predavaonica	20	5057
219	Kabinet	20	2953
220	Predavaonica	20	5067
221	Kabinet	20	2322
222	Kabinet	20	2629
223	Stubište	15	2943
225	WC	20	4153
226	WC	20	910
227	WC	20	910
228	WC	20	4036

229	Hodnik	20	3878
230	Hodnik	20	8243
231	Hodnik	20	7796
232	Hodnik	20	4112
233	Hodnik	20	4218
234	Hodnik	20	4644
Ukupni gubici topline $\Phi_G = 317967 \text{ W}$			

Gubici topline po jedinici korisne površine zgrade iznose (5)

$$\frac{\Phi_G}{A_k} = 93.52 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad (5)$$

3. TEHNIČKI PRORAČUNI I IZBOR OPREME

3.1. Odabir i dimenzioniranje radijatora

Toplinski učinak radijatora za ostale temperaturne režime računamo pomoću formule (6)

$$\frac{\Phi}{\Phi_N} = \left(\frac{\Delta v_m}{\Delta v_{m,N}} \right)^n \quad (6)$$

Srednja temperaturna razlika između ogrjevnog tijela i zraka u prostoriji (7)

$$\Delta v_m = \frac{v_v + v_R}{2} - v_i \quad (7)$$

Odabiremo radijatore proizvođača Lipovica, tip Solar 600.

Tablica 2. Toplinski učinak radijatora Lipovica Solar 600 na ostalim temperaturnim režimima

Temperaturni režim	Toplinski učinak [W/čl]
70/55/20°C	112
70/55/15°C	129
70/55/5°C	166

Prema navedenim toplinskim učincima računamo potreban broj članaka radijatora za svaku prostoriju.

Tablica 3. Dimenzioniranje radijatora

Broj prostorije	Temperatura prostorije v_i [°C]	Proračunski gubici topline prostorije [W]	Broj članaka radijatora	Toplinski učinak radijatora [W]
001	20	2931	27	3024
002	20	2647	24	2688
003	20	2679	24	2688
004	20	2647	24	2688
005	20	4459	40	4480
006	20	2460	22	2464
007	20	2326	21	2352
008	20	3123	28	3136

009	5	1384	9	1494
011	5	1213	8	1328
012	20	3922	36	4032
014	20	3812	35	3920
016	20	5169	47	5264
017	20	4390	40	4480
019	20	3552	32	3584
020	15	1327	11	1419
021	20	3858	35	3920
022	20	2101	19	2128
023	20	2741	25	2800
024	20	2542	23	2576
025	20	2151	20	2240
026	20	2639	24	2688
027	20	6667	60	6720
028	20	2346	21	2352
029	20	2605	24	2688
030	15	1879	13	1677
031	20	3048	28	3136
032	20	1407	13	1456
033	20	1407	13	1456
034	20	3960	36	4032
101	20	1415	13	1456
102	20	5776	52	5824
103	20	3895	35	3920
104	20	1222	11	1232
105	20	2096	19	2128
106	20	2241	21	2352
107	20	3653	33	3696
108	15	863	7	903
110	20	4175	38	4256
111	20	4411	40	4480
112	20	866	8	896
113	20	1188	11	1232
114	20	2428	22	2464
115	20	1051	10	1120
116	20	1246	12	1344
117	20	3251	30	3360
118	20	1256	12	1344
119	20	1911	18	2016
120	20	3121	28	3136
121	20	1573	15	1680
122	20	4634	42	4704
123	20	1266	12	1344
124	20	1551	14	1568

125	15	2069	13	1677
127	20	3408	31	3472
128	20	750	7	784
129	20	3408	31	3472
130	20	750	7	784
131	20	3922	36	4032
132	20	8321	75	8400
133	20	7874	71	7952
134	20	4467	40	4480
135	20	4300	39	4368
136	20	5054	46	5152
201	20	9164	82	9184
202	20	7371	66	7392
203	20	8205	74	8288
204	20	4129	37	4144
205	20	1790	16	1792
206	20	2428	22	2464
207	20	4844	44	4928
208	20	6342	57	6384
209	20	1729	16	1792
210	20	2056	19	2128
211	20	2340	21	2352
212	20	1918	18	2016
213	20	1774	16	1792
214	20	4748	43	4816
215	20	2305	21	2352
216	20	3399	31	3472
217	20	2750	25	2800
218	20	5057	46	5152
219	20	2953	26	2912
220	20	5067	46	5152
221	20	2322	21	2352
222	20	2629	24	2688
223	15	2943	13	1677
225	20	4153	37	4144
226	20	910	9	1008
227	20	910	9	1008
228	20	4036	37	4144
229	20	3878	35	3920
230	20	8243	74	8288
231	20	7796	70	7840
232	20	4112	36	4032
233	20	4218	38	4256
234	20	4644	42	4704

Za grijanje cijele zgrade potrebno je ukupno 2852 članaka radijatora Lipovica Solar 600 od kojih je sastavljeno ukupno 245 radijatora.

Ukupni toplinski učinak radijatorskog grijanja $\Phi_R = 321311 \text{ W}$

3.2. Proračun cjevovoda

Za izradu cjevovoda odabrane su bakrene cijevi. Cjevovod je dimenzioniran tako da brzina vode u cijevima ne prelazi maksimalne preporučene vrijednosti niti u jednoj dionici.

U dolje navedenoj tablici navedene su maksimalne preporučene brzine strujanja vode i toplinski tok koji cijev pri toj brzini može prenositi. Toplinski tok računa se prema jednadžbama (8), (9) i (10).

$$q_v = \frac{d_u^2 \cdot \pi}{4} \cdot w \quad (8)$$

$$q_m = q_v \cdot \rho_w \quad (9)$$

$$\Phi = q_m \cdot c_w \cdot \Delta v \quad (10)$$

Tablica 4. Maksimalne preporučene brzine strujanja vode u cijevima

Cijev	Φ_{\max} [W]	q_v [l/h]	d_u [mm]	w_{\max} [m/s]
CuØ15x1	2900	166,39	13	0,35
CuØ18x1	6250	358,59	16	0,50
CuØ22x1	12650	725,79	20	0,65
CuØ28x1.5	24300	1394,21	25	0,80
CuØ35x1.5	49800	2857,28	32	1,00
CuØ42x1.5	110500	6340	39	1,50
CuØ54x2	182000	10442	50	1,50

U sljedećoj tablici prikazan je proračun glavnih grana cjevovoda. Spojevi grijača i ogranaka nisu proračunati, već je za njih dimenzija cijevi odabrana prema Tablici 4.

Tablica 5. Proračun glavnih grana cjevovoda

DIONICA	Cijev	Φ_{\max} [W]	q_v [l/h]	d_u [mm]	w_{\max} [m/s]
1	CuØ15x1	2240	129	13	0,27
2	CuØ18x1	3584	206	16	0,29
3	CuØ18x1	5003	287	16	0,40
4	CuØ22x1	6235	358	20	0,32
5	CuØ22x1	7579	435	20	0,39
6	CuØ22x1	8923	512	20	0,46
7	CuØ22x1	10267	589	20	0,53
8	CuØ15x1	784	45	13	0,10
9	CuØ22x1	11184	642	20	0,58
10	CuØ28x1.5	21451	1231	25	0,71
11	CuØ28x1.5	22795	1308	25	0,75
12	CuØ35x1.5	24139	1385	32	0,49
13	CuØ35x1.5	25483	1462	32	0,51
14	CuØ35x1.5	26827	1539	32	0,54
15	CuØ35x1.5	28171	1616	32	0,57
16	CuØ35x1.5	29515	1693	32	0,60
17	CuØ35x1.5	30859	1771	32	0,62
18	CuØ15x1	1904	109	13	0,23
19	CuØ18x1	3920	225	16	0,32
20	CuØ18x1	5936	341	16	0,48
21	CuØ22x1	7952	456	20	0,41
22	CuØ15x1	1456	84	13	0,18
23	CuØ15x1	2688	154	13	0,33
24	CuØ18x1	3584	206	16	0,29
25	CuØ18x1	4928	283	16	0,40
26	CuØ22x1	6272	360	20	0,32
27	CuØ22x1	7616	437	20	0,39
28	CuØ28x1.5	15568	893	25	0,51
29	CuØ15x1	1344	77	13	0,16
30	CuØ15x1	2352	135	13	0,29
31	CuØ28x1.5	17920	1028	25	0,59
32	CuØ42x1.5	48779	2799	39	0,66
33	CuØ42x1.5	50123	2876	39	0,68
34	CuØ42x1.5	51467	2953	39	0,70
35	CuØ42x1.5	53144	3049	39	0,72
36	CuØ15x1	1792	103	13	0,22
37	CuØ18x1	3136	180	16	0,25

38	CuØ18x1	4480	257	16	0,36
39	CuØ18x1	5712	328	16	0,46
40	CuØ22x1	7056	405	20	0,36
41	CuØ22x1	8400	482	20	0,43
42	CuØ22x1	9744	559	20	0,50
43	CuØ22x1	11088	636	20	0,57
44	CuØ22x1	12432	713	20	0,64
45	CuØ28x1.5	13776	790	25	0,46
46	CuØ28x1.5	15120	868	25	0,50
47	CuØ28x1.5	16464	945	25	0,54
48	CuØ28x1.5	17808	1022	25	0,59
49	CuØ28x1.5	19152	1099	25	0,63
50	CuØ28x1.5	20496	1176	25	0,68
51	CuØ35x1.5	21840	1253	32	0,44
52	CuØ35x1.5	23632	1356	32	0,48
53	CuØ15x1	1680	96	13	0,21
54	CuØ18x1	3024	174	16	0,24
55	CuØ18x1	4368	251	16	0,35
56	CuØ18x1	5712	328	16	0,46
57	CuØ22x1	7504	431	20	0,39
58	CuØ22x1	8624	495	20	0,45
59	CuØ22x1	9632	553	20	0,50
60	CuØ35x1.5	33264	1909	32	0,67
61	CuØ15x1	1792	103	13	0,22
62	CuØ18x1	4032	231	16	0,33
63	CuØ18x1	5488	315	16	0,44
64	CuØ15x1	1494	86	13	0,18
65	CuØ35x1.5	40246	2309	32	0,81
66	CuØ35x1.5	41574	2385	32	0,84
67	CuØ15x1	1792	103	13	0,22
68	CuØ18x1	3136	180	16	0,25
69	CuØ18x1	4592	263	16	0,37
70	CuØ42x1.5	46166	2649	39	0,63
71	CuØ15x1	1456	84	13	0,18
72	CuØ15x1	2800	161	13	0,34
73	CuØ18x1	5264	302	16	0,42
74	CuØ22x1	7728	443	20	0,40
75	CuØ22x1	9072	521	20	0,47
76	CuØ22x1	11760	675	20	0,61
77	CuØ28x1.5	14224	816	25	0,47
78	CuØ28x1.5	16688	957	25	0,55
79	CuØ28x1.5	19152	1099	25	0,63
80	CuØ28x1.5	21840	1253	25	0,72

81	CuØ35x1.5	23184	1330	32	0,47
82	CuØ35x1.5	26432	1517	32	0,53
83	CuØ35x1.5	29120	1671	32	0,59
84	CuØ35x1.5	31696	1819	32	0,64
85	CuØ35x1.5	34384	1973	32	0,69
86	CuØ35x1.5	36512	2095	32	0,74
87	CuØ35x1.5	39424	2262	32	0,80
88	CuØ15x1	1232	71	13	0,15
89	CuØ15x1	2352	135	13	0,29
90	CuØ18x1	4704	270	16	0,38
91	CuØ22x1	7168	411	20	0,37
92	CuØ22x1	9520	546	20	0,49
93	CuØ22x1	11984	688	20	0,62
94	CuØ28x1.5	14336	823	25	0,47
95	CuØ28x1.5	16688	957	25	0,55
96	CuØ15x1	1456	84	13	0,18
97	CuØ15x1	2800	161	13	0,34
98	CuØ18x1	5712	328	16	0,46
99	CuØ22x1	8512	488	20	0,44
100	CuØ35x1.5	25200	1446	32	0,51
101	CuØ35x1.5	27888	1600	32	0,56
102	CuØ35x1.5	30576	1754	32	0,62
103	CuØ35x1.5	33264	1909	32	0,67
104	CuØ35x1.5	36512	2095	32	0,74
105	CuØ42x1.5	75936	4357	39	1,03
106	CuØ15x1	1904	109	13	0,23
107	CuØ18x1	3808	218	16	0,31
108	CuØ22x1	7616	437	20	0,39
109	CuØ22x1	9408	540	20	0,49
110	CuØ54x2	85344	4897	50	0,71
111	CuØ54x2	87808	5038	50	0,73
112	CuØ54x2	90496	5192	50	0,75
113	CuØ54x2	91952	5276	50	0,76
114	CuØ15x1	1904	109	13	0,23
115	CuØ18x1	3808	218	16	0,31
116	CuØ22x1	7616	437	20	0,39
117	CuØ22x1	9408	540	20	0,49
118	CuØ54x2	101360	5816	50	0,84
119	CuØ15x1	1456	84	13	0,18
120	CuØ15x1	2800	161	13	0,34
121	CuØ18x1	5488	315	16	0,44
122	CuØ22x1	9184	527	20	0,47
123	CuØ22x1	12551	720	20	0,65

124	CuØ28x1.5	15239	874	25	0,50
125	CuØ28x1.5	17927	1029	25	0,59
126	CuØ28x1.5	20615	1183	25	0,68
127	CuØ35x1.5	25095	1440	32	0,51
128	CuØ54x2	126455	7255	50	1,05
129	CuØ15x1	1120	64	13	0,14
130	CuØ15x1	2464	141	13	0,30
131	CuØ18x1	4928	283	16	0,40
132	CuØ22x1	7392	424	20	0,38
133	CuØ22x1	10864	623	20	0,56
134	CuØ28x1.5	13552	778	25	0,45
135	CuØ28x1.5	16912	970	25	0,56
136	CuØ28x1.5	21728	1247	25	0,72
137	CuØ35x1.5	24864	1427	32	0,50
138	CuØ35x1.5	28000	1607	32	0,57
139	CuØ35x1.5	30464	1748	32	0,61
140	CuØ35x1.5	32928	1889	32	0,66
141	CuØ35x1.5	36176	2076	32	0,73
142	CuØ35x1.5	39872	2288	32	0,80
143	CuØ15x1	1344	77	13	0,16
144	CuØ15x1	2688	154	13	0,33
145	CuØ18x1	5264	302	16	0,42
146	CuØ22x1	7952	456	20	0,41
147	CuØ15x1	1120	64	13	0,14
148	CuØ15x1	2240	129	13	0,27
149	CuØ18x1	4480	257	16	0,36
150	CuØ22x1	6720	386	20	0,35
151	CuØ22x1	9072	521	20	0,47
152	CuØ22x1	11312	649	20	0,58
153	CuØ28x1.5	13552	778	25	0,45
154	CuØ28x1.5	15792	906	25	0,52
155	CuØ35x1.5	23744	1362	32	0,48
156	CuØ42x1.5	63616	3650	39	0,86
157	CuØ42x1.5	65968	3785	39	0,90
158	CuØ42x1.5	69104	3965	39	0,94
159	CuØ42x1.5	71344	4093	39	0,97
160	CuØ42x1.5	73920	4241	39	1,00
161	CuØ54x2	76384	4383	50	0,63
162	CuØ54x2	77728	4460	50	0,64
163	CuØ54x2	80192	4601	50	0,66
164	CuØ54x2	81872	4697	50	0,68
165	CuØ54x2	84448	4845	50	0,70
166	CuØ54x2	87024	4993	50	0,72

167	Cu∅54x2	88368	5070	50	0,73
168	Cu∅54x2	90832	5211	50	0,75
169	Cu∅54x2	94640	5430	50	0,78
170	Cu∅54x2	98336	5642	50	0,81
171	Cu∅54x2	100800	5783	50	0,83
172	Cu∅54x2	102592	5886	50	0,85
173	Cu∅54x2	105946	6079	50	0,88

3.3. Proračun pada tlaka kritičnih dionica cjevovoda

Cjevovod se razvodi za četiri kruga grijanja; dva u prizemlju i dva koja zajednički pokrivaju prvi i drugi kat. Za svaki krug grijanja proračunava se pad tlaka kritične dionice, prema kojem se odabire cirkulacijska pumpa.

Pad tlaka dionice jednak je zbroju pada tlaka uslijed trenja i lokalnom padu tlaka (11)

$$\Delta p = \left(\sum \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{\rho w^2}{2} = \sum R \cdot L + \sum Z \quad (11)$$

3.3.1. Prizemlje - Zona 1

Tablica 6. Pad tlaka kritične dionice "Prizemlje - Zona 1"

D.	Cijev	Φ	q_v	d	w	L	R	$R \cdot L$	$\sum \zeta$	Z	$RL + Z$
		W	l/h	mm	m/s	m	Pa/m	Pa		Pa	Pa
1	Cu∅15x1	2240	129	13	0,27	14,5	90	1305	28,5	1050	2355
2	Cu∅18x1	3584	206	16	0,29	7,0	76	532	3,0	123	655
3	Cu∅18x1	5003	287	16	0,40	6,8	138	938	9,0	721	1659
4	Cu∅22x1	6235	358	20	0,32	6,6	69	455	3,0	153	608
5	Cu∅22x1	7579	435	20	0,39	9,0	95	855	6,0	452	1307
6	Cu∅22x1	8923	512	20	0,46	9,3	131	1218	3,0	313	1531
7	Cu∅22x1	10267	589	20	0,53	2,3	166	382	3,0	414	796
10	Cu∅28x1.5	21451	1231	25	0,71	7,0	210	1470	3,0	741	2211
11	Cu∅28x1.5	22795	1308	25	0,75	9,2	232	2134	3,0	837	2971
12	Cu∅35x1.5	24139	1385	32	0,49	9,0	79	711	3,0	350	1061
13	Cu∅35x1.5	25483	1462	32	0,51	8,9	85	757	3,0	390	1146
14	Cu∅35x1.5	26827	1539	32	0,54	9,1	95	865	3,0	432	1296
15	Cu∅35x1.5	28171	1616	32	0,57	10,4	107	1113	15,0	2380	3493
16	Cu∅35x1.5	29515	1693	32	0,60	10,4	116	1206	15,0	2613	3819
17	Cu∅35x1.5	30859	1771	32	0,62	4,5	123	554	3,0	571	1125
32	Cu∅42x1.5	48779	2799	39	0,66	4,6	110	506	3,0	647	1153
33	Cu∅42x1.5	50123	2876	39	0,68	9,0	120	1080	3,0	683	1763
34	Cu∅42x1.5	51467	2953	39	0,70	9,0	125	1125	3,0	720	1845

35	CuØ42x1.5	53144	3049	39	0,72	12,0	130	1560	42,0	10751	12311
----	-----------	-------	------	----	------	------	-----	------	------	-------	-------

Ukupni pad tlaka kritične dionice $\Delta p_{p1} = 43106 \text{ Pa}$

3.3.2. Prizemlje - Zona 2

Tablica 7. Pad tlaka kritične dionice "Prizemlje - Zona 2"

D.	Cijev	Φ	q_v	d	w	L	R	$R \cdot L$	$\sum \zeta$	Z	$RL + Z$
		W	l/h	mm	m/s	m	Pa/m	Pa		Pa	Pa
36	CuØ15x1	1792	103	13	0,22	12,4	60	744	31,5	743	1487
37	CuØ18x1	3136	180	16	0,25	6,5	60	390	3,0	94	484
38	CuØ18x1	4480	257	16	0,36	5,3	110	583	6,0	385	968
39	CuØ18x1	5712	328	16	0,46	8,6	170	1462	3,0	313	1775
40	CuØ22x1	7056	405	20	0,36	5,0	93	465	6,0	391	856
41	CuØ22x1	8400	482	20	0,43	8,8	115	1012	3,0	277	1289
42	CuØ22x1	9744	559	20	0,50	17,2	151	2597	3,0	373	2970
43	CuØ22x1	11088	636	20	0,57	9,8	188	1842	3,0	483	2326
44	CuØ22x1	12432	713	20	0,64	9,9	235	2327	3,0	608	2934
45	CuØ28x1.5	13776	790	25	0,46	9,8	97	951	3,0	306	1256
46	CuØ28x1.5	15120	868	25	0,50	9,8	113	1107	3,0	368	1476
47	CuØ28x1.5	16464	945	25	0,54	9,9	130	1287	3,0	436	1723
48	CuØ28x1.5	17808	1022	25	0,59	8,6	152	1307	3,0	511	1818
49	CuØ28x1.5	19152	1099	25	0,63	8,6	170	1462	3,0	591	2053
50	CuØ28x1.5	20496	1176	25	0,68	8,7	195	1697	3,0	676	2373
51	CuØ35x1.5	21840	1253	32	0,44	12,0	68	816	6,0	572	1388
52	CuØ35x1.5	23632	1356	32	0,48	1,6	78	125	3,0	335	460
60	CuØ35x1.5	33264	1909	32	0,67	7,2	140	1008	6,0	1328	2336
65	CuØ35x1.5	40246	2309	32	0,81	23,4	200	4680	6,0	1943	6623
66	CuØ35x1.5	41574	2385	32	0,84	6,1	210	1281	6,0	2074	3355
70	CuØ42x1.5	46166	2649	39	0,63	12,0	100	1200	42,0	8113	9313

Ukupni pad tlaka kritične dionice $\Delta p_{p2} = 49264 \text{ Pa}$

3.3.3. 1. i 2. kat - Zona 1

Tablica 8. Pad tlaka kritične dionice "1. i 2. kat - Zona 1"

D.	Cijev	Φ	q_v	d	w	L	R	$R \cdot L$	$\sum \zeta$	Z	$RL + Z$
		W	l/h	mm	m/s	m	Pa/m	Pa		Pa	Pa
129	CuØ15x1	1120	64	13	0,14	5,0	28	140	22,5	207	347
130	CuØ15x1	2464	141	13	0,30	9,4	105	987	6,0	267	1254

131	CuØ18x1	4928	283	16	0,40	8,6	135	1161	6,0	466	1627
132	CuØ22x1	7392	424	20	0,38	8,6	90	774	3,0	215	989
133	CuØ22x1	10864	623	20	0,56	5,0	180	900	3,0	464	1364
134	CuØ28x1.5	13552	778	25	0,45	6,5	103	670	3,0	296	965
135	CuØ28x1.5	16912	970	25	0,56	9,0	140	1260	3,0	461	1721
136	CuØ28x1.5	21728	1247	25	0,72	6,1	220	1342	3,0	760	2102
137	CuØ35x1.5	24864	1427	32	0,50	7,0	83	581	3,0	371	952
138	CuØ35x1.5	28000	1607	32	0,57	6,6	107	706	3,0	470	1177
139	CuØ35x1.5	30464	1748	32	0,61	6,6	120	792	3,0	557	1349
140	CuØ35x1.5	32928	1889	32	0,66	4,8	137	658	6,0	1301	1958
141	CuØ35x1.5	36176	2076	32	0,73	9,3	165	1535	3,0	785	2320
142	CuØ35x1.5	39872	2288	32	0,80	3,8	195	741	3,0	954	1695
156	CuØ42x1.5	63616	3650	39	0,86	5,3	170	901	3,0	1100	2001
157	CuØ42x1.5	65968	3785	39	0,90	4,5	190	855	3,0	1183	2038
158	CuØ42x1.5	69104	3965	39	0,94	4,7	205	964	3,0	1298	2262
159	CuØ42x1.5	71344	4093	39	0,97	4,4	220	968	3,0	1384	2352
160	CuØ42x1.5	73920	4241	39	1,00	4,6	230	1058	3,0	1486	2544
161	CuØ54x2	76384	4383	50	0,63	4,3	72	310	3,0	587	897
162	CuØ54x2	77728	4460	50	0,64	4,6	76	350	3,0	608	958
163	CuØ54x2	80192	4601	50	0,66	3,8	82	312	3,0	647	959
164	CuØ54x2	81872	4697	50	0,68	5,3	86	456	3,0	675	1130
165	CuØ54x2	84448	4845	50	0,70	4,4	90	396	3,0	718	1114
166	CuØ54x2	87024	4993	50	0,72	4,5	92	414	3,0	762	1176
167	CuØ54x2	88368	5070	50	0,73	4,5	95	428	3,0	786	1213
168	CuØ54x2	90832	5211	50	0,75	4,6	100	460	3,0	830	1290
169	CuØ54x2	94640	5430	50	0,78	9,1	120	1092	3,0	901	1993
170	CuØ54x2	98336	5642	50	0,81	9,0	130	1170	3,0	973	2143
171	CuØ54x2	100800	5783	50	0,83	6,6	137	904	3,0	1023	1927
172	CuØ54x2	102592	5886	50	0,85	2,6	142	369	3,0	1059	1428
173	CuØ54x2	105946	6079	50	0,88	20,0	150	3000	53,0	19958	22958

Ukupni pad tlaka kritične dionice $\Delta p_{k1} = 70204 \text{ Pa}$

3.3.4. 1. i 2. kat - Zona 2

Tablica 9. Pad tlaka kritične dionice "1. i 2. kat - Zona 2"

D.	Cijev	Φ	q_v	d	w	L	R	$R \cdot L$	$\sum \zeta$	Z	$RL + Z$
		W	l/h	mm	m/s	m	Pa/m	Pa		Pa	Pa
71	CuØ15x1	1456	84	13	0,18	5,0	60	300	22,5	350	650
72	CuØ15x1	2800	161	13	0,34	5,6	180	1008	6,0	345	1353
73	CuØ18x1	5264	302	16	0,42	4,8	145	696	3,0	266	962
74	CuØ22x1	7728	443	20	0,40	4,8	100	480	3,0	235	715

75	CuØ22x1	9072	521	20	0,47	5,0	135	675	3,0	324	999
76	CuØ22x1	11760	675	20	0,61	4,8	214	1027	3,0	544	1571
77	CuØ28x1.5	14224	816	25	0,47	5,0	100	500	3,0	326	826
78	CuØ28x1.5	16688	957	25	0,55	4,9	135	662	3,0	448	1110
79	CuØ28x1.5	19152	1099	25	0,63	4,9	170	833	3,0	591	1424
80	CuØ28x1.5	21840	1253	25	0,72	4,9	220	1078	3,0	768	1846
81	CuØ35x1.5	23184	1330	32	0,47	5,0	75	375	3,0	322	697
82	CuØ35x1.5	26432	1517	32	0,53	8,6	94	808	3,0	419	1228
83	CuØ35x1.5	29120	1671	32	0,59	8,6	104	894	3,0	509	1403
84	CuØ35x1.5	31696	1819	32	0,64	8,7	130	1131	3,0	603	1734
85	CuØ35x1.5	34384	1973	32	0,69	6,0	150	900	6,0	1418	2318
86	CuØ35x1.5	36512	2095	32	0,74	8,9	170	1513	3,0	800	2313
87	CuØ35x1.5	39424	2262	32	0,80	6,0	195	1170	3,0	932	2102
105	CuØ42x1.5	75936	4357	39	1,03	4,2	225	945	6,0	3136	4081
110	CuØ54x2	85344	4897	50	0,71	6,8	91	619	6,0	1466	2085
111	CuØ54x2	87808	5038	50	0,73	7,9	95	751	3,0	776	1526
112	CuØ54x2	90496	5192	50	0,75	7,3	100	730	3,0	824	1554
113	CuØ54x2	91952	5276	50	0,76	4,7	105	494	6,0	1702	2195
118	CuØ54x2	101360	5816	50	0,84	1,9	130	247	3,0	1034	1281
128	CuØ54x2	126455	7255	50	1,05	24,0	180	4320	56,0	30042	34362

Ukupni pad tlaka kritične dionice $\Delta p_{k2} = 70335 \text{ Pa}$

3.4. Sustav pripreme potrošne tople vode

Toplinski učinak potreban za zagrijavanje potrošne tople vode računa se jednadžbom (12)

$$\Phi_{PTV} = q_v \cdot n \cdot \varphi \cdot (v_{iv} - v_{uv}) \cdot c_w \cdot \rho_w \quad (12)$$

Pretpostavljamo da se u kuhinji nalaze dva sudopera za koja je potrebna ukupna količina tople vode od 100 litara temperature 55°C u jednom satu:

$$q_{v,1} = 100 \text{ l/h}$$

$$n_1 = 1$$

$$\varphi_1 = 1.15$$

$$v_{iv,1} = 55^\circ\text{C}$$

$$\vartheta_{uv} = 10^{\circ}\text{C}$$

U svakom wc-u se nalaze tri umivaonika za koja je potrebna ukupna količina vode od 60 litara temperature 35°C u jednom satu. U zgradi se nalazi 6 wc-a.:

$$q_{v,2} = 60 \text{ l/h}$$

$$n_2 = 6$$

$$\varphi_2 = 0.56$$

$$\vartheta_{iv,2} = 35^{\circ}\text{C}$$

Toplinski učinak potreban za zagrijavanje potrošne tople vode iznosi (13)

$$\begin{aligned}\Phi_{PTV} &= 100 \cdot 1 \cdot 1.15 \cdot (55 - 10) \cdot 1.16 \cdot 10^{-3} + 60 \cdot 6 \cdot 0.56 \cdot (35 - 10) \cdot 1.16 \cdot 10^{-3} \\ \Phi_{PTV} &= 11850 \text{ W}\end{aligned}\tag{13}$$

Za vrijeme pripreme i vrijeme potrošnje tople vode odabiremo

$$z_a = z_b = 2 \text{ h}$$

Toplinski učinak kotla potreban za zagrijavanje potrošne tople vode iznosi (14)

$$\begin{aligned}\Phi_{K,PTV} &= \frac{\Phi_{K,PTV} \cdot z_b}{z_a + z_b} \\ \Phi_{K,PTV} &= 5925 \text{ W}\end{aligned}\tag{14}$$

Za temperaturu vode u spremniku odabiremo vrijednost $\vartheta_s = 60^{\circ}\text{C}$.

Dodatak za mrtvu zonu ispod grijača u bojleru $b = 1.2$

Potrebni volumen spremnika iznosi (15)

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{\Phi_{K,PTV} \cdot z_a}{(\vartheta_s - \vartheta_{uv}) \cdot c_w \cdot \rho_w} \cdot b \\ V_s &= 245.17 \text{ l}\end{aligned}\tag{15}$$

Odabiremo spremnik zapremnine $V_{PTV} = 300 \text{ l}$, tip Vitocell 100-V, proizvod tvrtke Viessmann.

3.5. Odabir kotla

Ukupni potrebni toplinski učinak kotla iznosi (16)

$$\begin{aligned}\Phi_K &= \Phi_R + \Phi_{K,PTV} + \Phi_{V,K} \\ \Phi_K &= 321311 + 5925 + 10400 \\ \Phi_K &= 337636 \text{ W}\end{aligned}\tag{16}$$

Odabiremo plinski kondenzacijski kotao nazivnog toplinskog učinka $\Phi_{K,n}=370 \text{ kW}$, tip Vitocrossal 300 CT3, proizvod tvrtke Viessmann. Kotao ima ugrađen plamenik na prirodni plin.

3.6. Dimenzioniranje razdjeljivača - sabirnika

Poprečni presjek razdjeljivača i sabirnika određuje se tako da bude za 50% veći od ukupnog zbroja površina poprečnih presjeka priključaka sekundarnog kruga kotlovnice. Priključci na sekundarnom krugu razdjeljivača - sabirnika su: 2 x NO25, 4 x NO40 i 4 x NO50.

$$A_{SK} = 14250 \text{ mm}$$

Promjer razdjeljivača - sabirnika iznosi (17)

$$D_{RS} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{SK}}{\pi}} = 134.7 \text{ mm}\tag{17}$$

Odabiremo razdjeljivač - sabirnik dimenzije NO150.

3.7. Odabir hidrauličke skretnice

Volumni protok polaznog voda iz kotla iznosi $q_{V,K}=19.372 \text{ m}^3/\text{h}$

Odabiremo hidrauličku skretnicu tip WST 161, proizvod tvrtke Magra, dimenzije 160x160x930 mm, maksimalan protok $21 \text{ m}^3/\text{h}$.

3.8. Proračun volumena ekspanzijske posude

Tablica 10. Volumen vode u sustavu grijanja

Cjevovod	1390 l
Radijatori	981 l
Razdjeljivač - sabirnik	71 l
Hidraulička skretnica	27 l
Kotao	490 l
Spremnik PTV-a	10 l

Ukupni volumen vode u sustavu $V_A = 2969 \text{ l}$

Volumen predpunjenja (18)

$$V_v = 0.005 \cdot V_A = 14.85 \text{ l} \quad (18)$$

Volumen širenja vode (19)

$$V_e = \frac{V_A \cdot 4.31}{100} = 127.96 \text{ l} \quad (19)$$

Krajnji tlak (20)

$$p_e = p_{sv} - d_{pA} = 3 - 0.5 = 2.5 \text{ bar} \quad (20)$$

Statički tlak (21)

$$p_{stG} = \frac{\Delta h}{10 \text{ mVS}} = \frac{8}{10 \text{ mVS}} = 0.8 \text{ bar} \quad (21)$$

Primarni tlak ekspanzijske posude (22)

$$p_0 = p_{stG} + p_D = 0.8 + 0.2 = 1 \text{ bar} \quad (22)$$

Minimalni volumen zatvorene ekspanzijske posude (23)

$$V_{n,\min} = (V_v + V_e) \cdot \frac{p_e + 1}{p_e - p_0} = 333.22 \text{ l} \quad (23)$$

Odabiremo zatvorenu membransku ekspanzijsku posudu $V_n = 400 \text{ l}$, tip UR400471, proizvod tvrtke Varem.

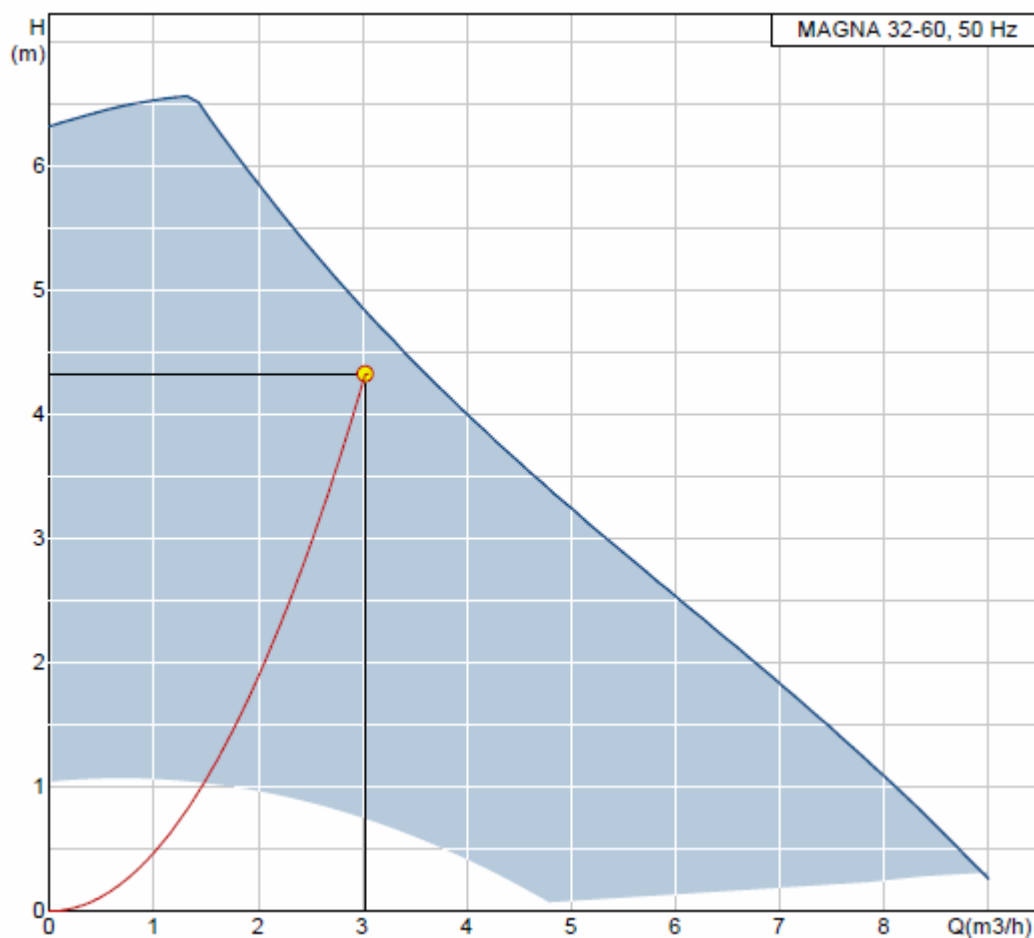
3.9. Odabir pumpi

3.9.1. Pumpa za krug grijanja "Prizemlje - Zona 1"

Volumni protok pumpe $q_{v,p1} = 3.049 \text{ m}^3/\text{h}$

Pad tlaka cjevovoda $\Delta p_{p1} = 43106 \text{ Pa}$

Odabiremo toplovodnu cirkulacijsku pumpu tip MAGNA 32-60, proizvod tvrtke Grundfos.



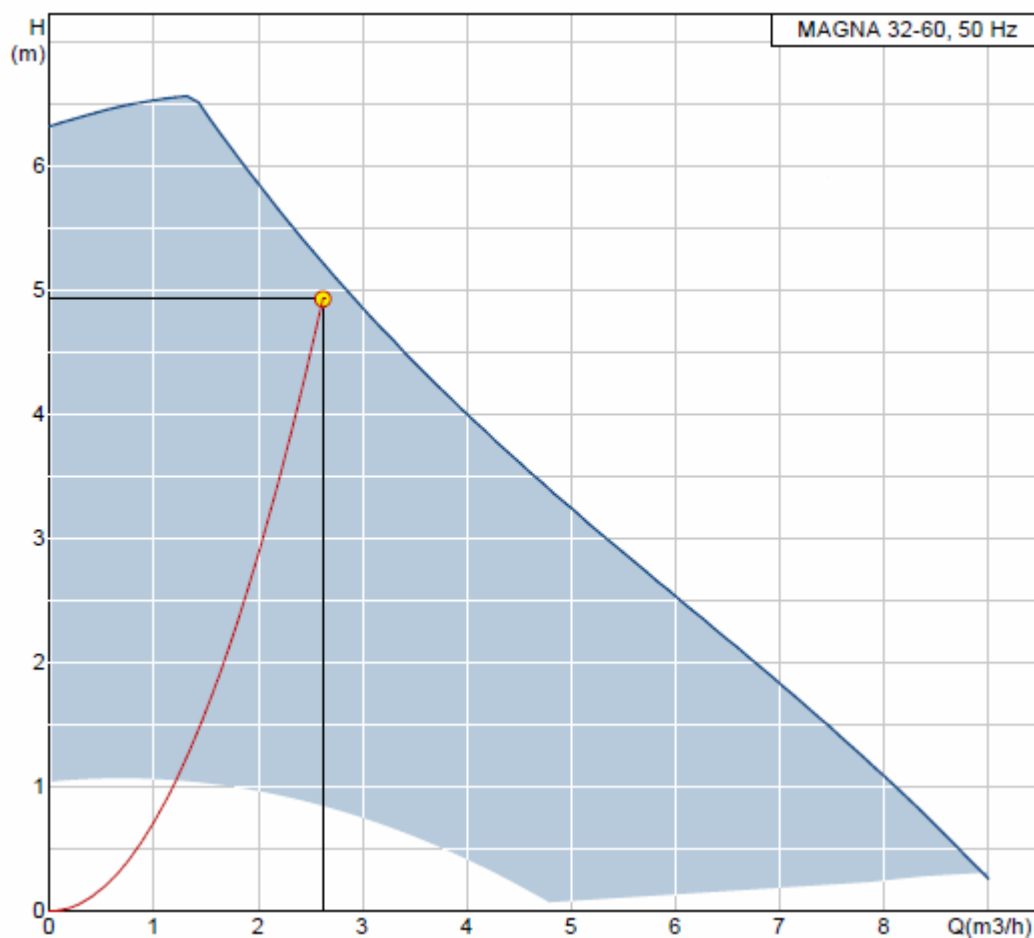
Slika 14. Radna točka pumpe "Prizemlje - Zona 1"

3.9.2. Pumpa za krug grijanja "Prizemlje - Zona 2"

Volumni protok pumpe $q_{v,p2} = 2.649 \text{ m}^3/\text{h}$

Pad tlaka cjevovoda $\Delta p_{p2} = 49264 \text{ Pa}$

Odabiremo toplovodnu cirkulacijsku pumpu tip MAGNA 32-60, proizvod tvrtke Grundfos.



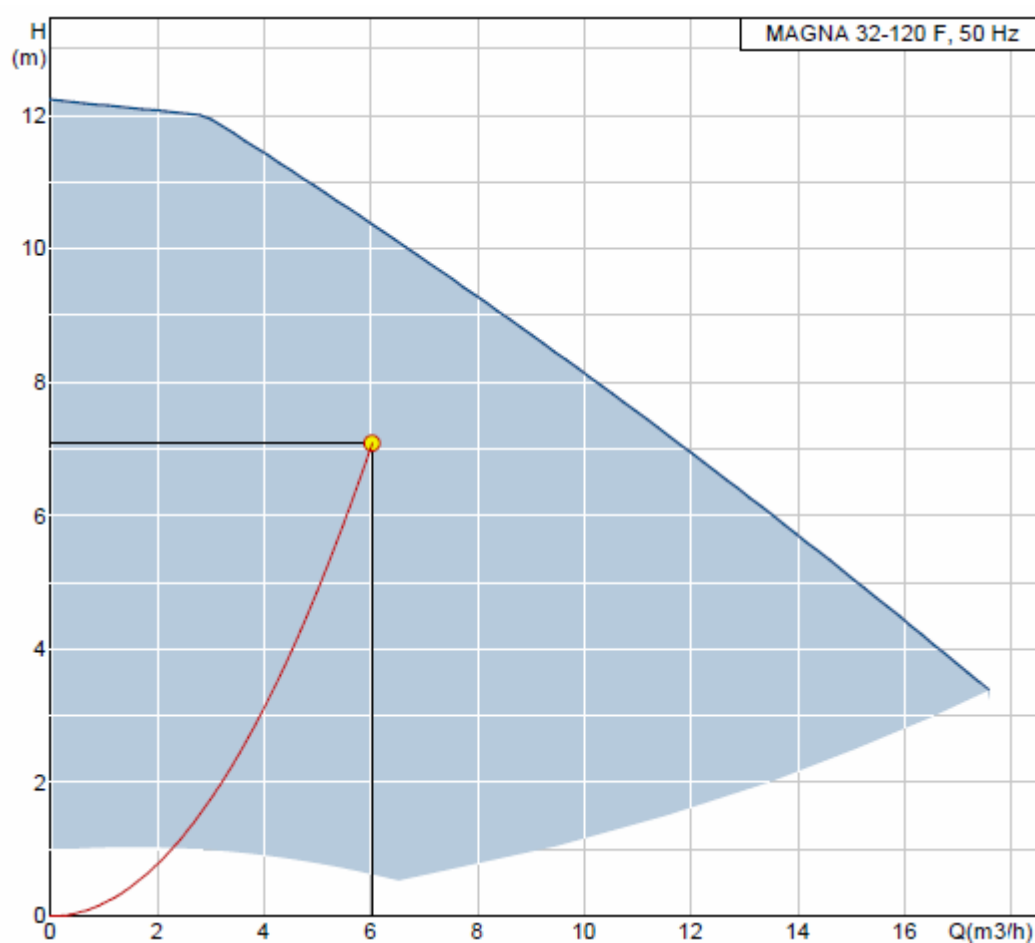
Slika 15. Radna točka pumpe "Prizemlje - Zona 2"

3.9.3. Pumpa za krug grijanja "1. i 2. kat - Zona 1"

Volumni protok pumpe $q_{v,K1} = 6.079 \text{ m}^3/\text{h}$

Pad tlaka cjevovoda $\Delta p_{K1} = 70204 \text{ Pa}$

Odabiremo toplovodnu cirkulacijsku pumpu tip MAGNA 32-120 F, proizvod tvrtke Grundfos.



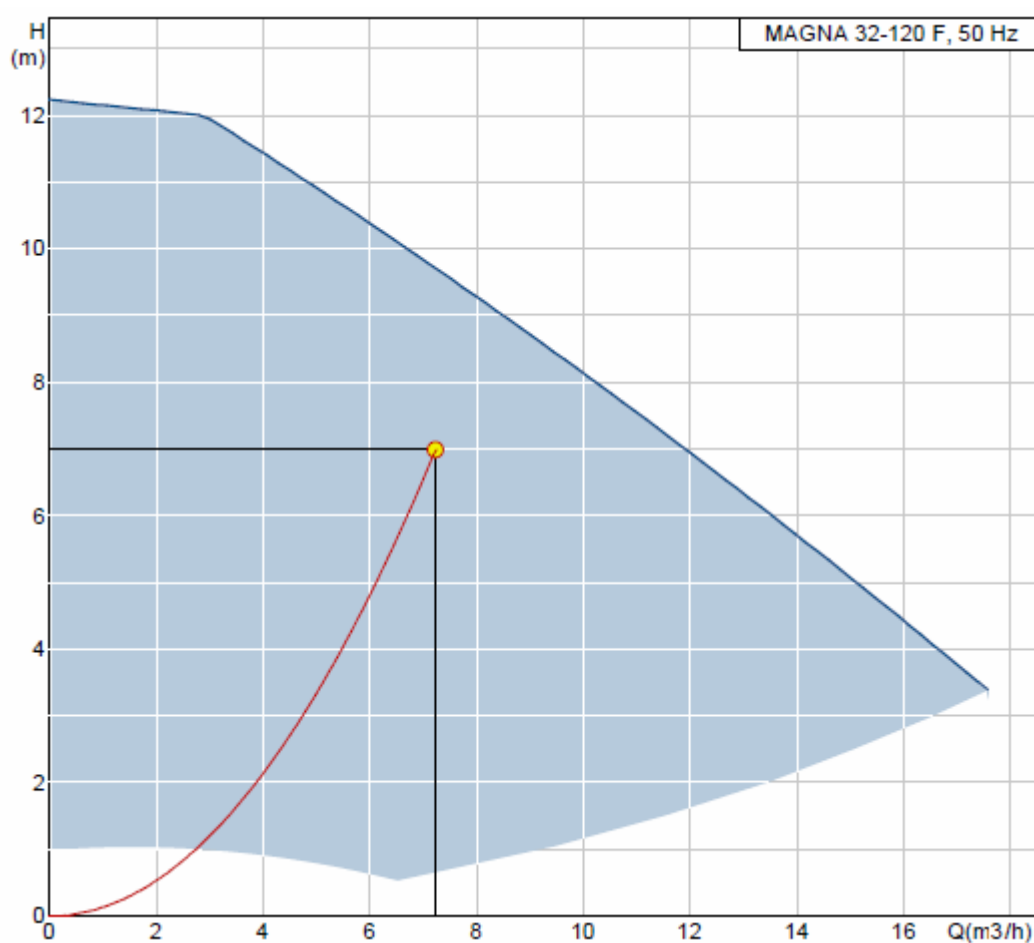
Slika 16. Radna točka pumpe "1. i 2. kat - Zona 1"

3.9.4. Pumpa za krug grijanja "1. i 2. kat - Zona 2"

Volumni protok pumpe $q_{v,K2} = 7.255 \text{ m}^3/\text{h}$

Pad tlaka cjevovoda $\Delta p_{K2} = 70335 \text{ Pa}$

Odabiremo toplovodnu cirkulacijsku pumpu tip MAGNA 32-120 F, proizvod tvrtke Grundfos.



Slika 17. Radna točka pumpe "1. i 2. kat - Zona 2"

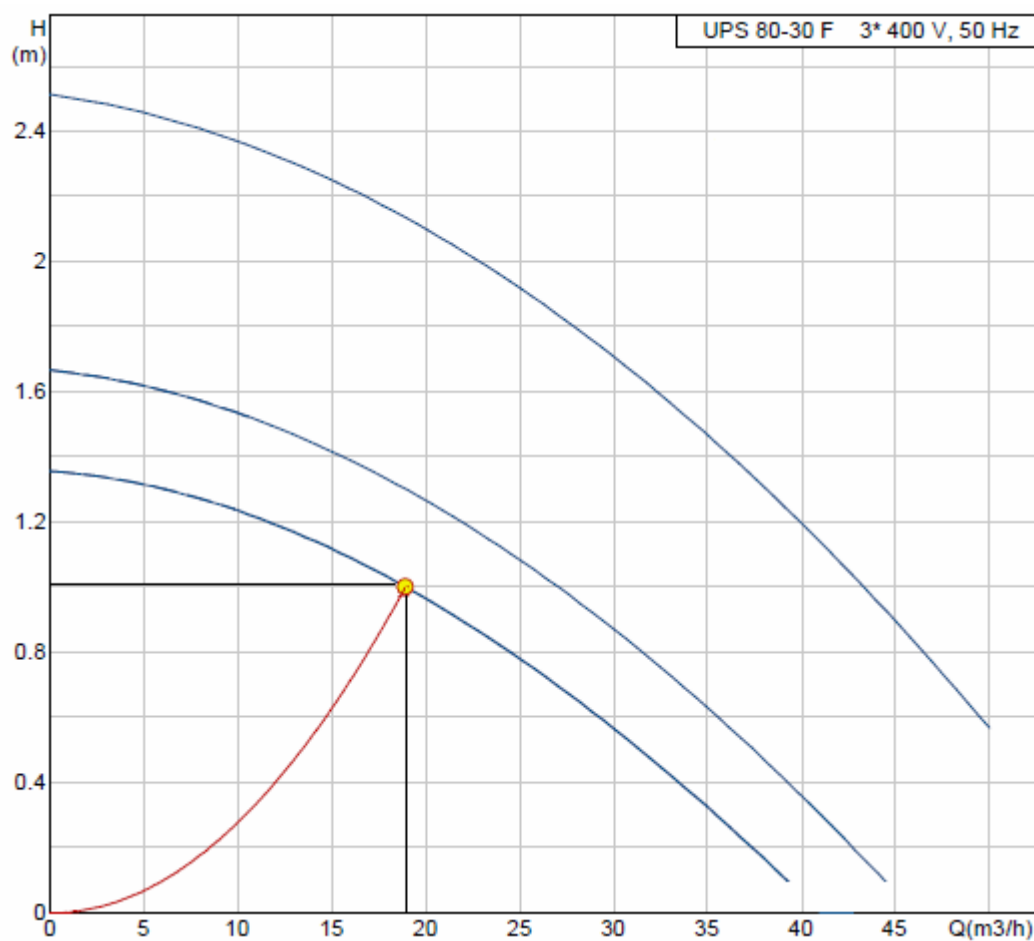
3.9.5. Kotlovska pumpa

Volumni protok pumpe $q_{v,K} = 19.372 \text{ m}^3/\text{h}$

Pad tlaka cjevovoda $\Delta p_K = 10624 \text{ Pa}$

Odabiremo toplovodnu cirkulacijsku pumpu tip UPS 80-30 F, proizvod tvrtke Grundfos.

Predviđeno je da pumpa radi u 1. brzini.



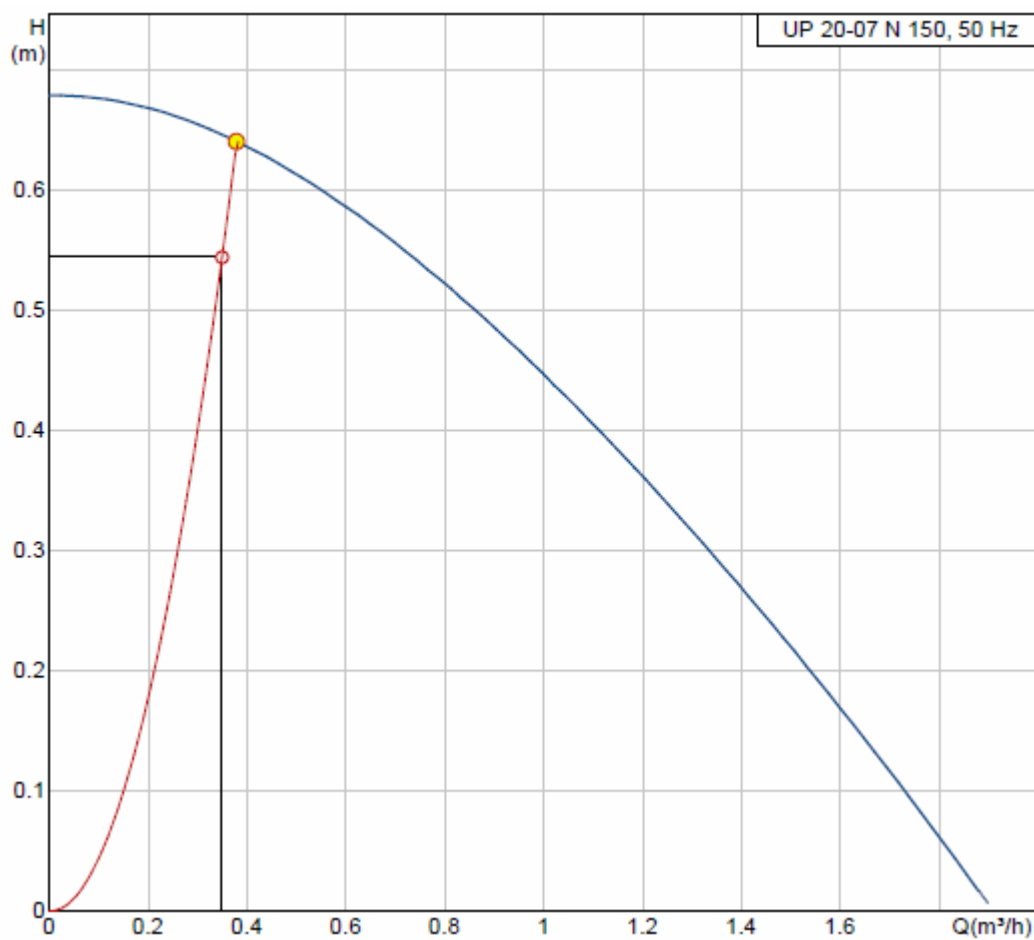
Slika 18. Radna točka kotlovske pumpe

3.9.6. Pumpa za pripremu PTV-a

Volumni protok pumpe $q_{V,PTV} = 0.34 \text{ m}^3/\text{h}$

Pad tlaka cjevovoda $\Delta p_{PTV} = 5383 \text{ Pa}$

Odabiremo toplovodnu cirkulacijsku pumpu tip UP 20-07 N, proizvod tvrtke Grundfos.



Slika 19. Radna točka pumpe za pripremu PTV-a

3.10. Ventilacija kotlovnice

Površina dozračnog otvora (24)

$$\begin{aligned}A_0 &= 5.8 \cdot \Phi_k \\A_0 &= 1958.3 \text{ cm}^2\end{aligned}\tag{24}$$

Odabiremo aluminijsku rešetku tip OAS-R 1025x525 slobodne površine 2160 cm^2 , proizvod Klimaoprema Samobor. Rešetka se ugrađuje u vrata kotlovnice na visinu 30 cm od poda.

Površina odzračnog otvora (25)

$$\begin{aligned}A_1 &= \frac{1}{3} \cdot A_0 \\A_1 &= 652.7 \text{ cm}^2\end{aligned}\tag{25}$$

Odabiremo aluminijsku rešetku tip OAS-R 625x325 slobodne površine 765 cm^2 , proizvod Klimaoprema Samobor. Rešetka se ugrađuje u gornji dio prozora.

3.11. Ventilacija sanitarnih čvorova

Za svaki sanitarni čvor predviđen je zasebni sustav odsisne ventilacije. Kako je svih 6 sanitarnih čvorova istih dimenzija, proračunavamo samo jedan od njih.

3.11.1. Proračun potrebne količine zraka za ventilaciju

Odabrani broj izmjena zraka: $n_{WC} = 10 \text{ h}^{-1}$

Količina dobavnog zraka za prostoriju 127 (26)

$$q_{V,027} = n_{WC} \cdot V_{027} = 10 \cdot 62.58 = 625.8 \text{ m}^3/\text{h}\tag{26}$$

Količina dobavnog zraka za prostoriju 128 (27)

$$q_{V,028} = n_{WC} \cdot V_{028} = 10 \cdot 16.34 = 163.4 \text{ m}^3/\text{h}\tag{27}$$

3.11.2. Proračun pada tlaka u ventilacijskom kanalu

Tablica 11. Proračun pada tlaka kritične dionice ventilacijskog kanala sanitarnog čvora

D.	q_v	a	b	A	d_e	w	p_{din}	L	R	$R \cdot L$	$\sum \zeta$	Z	$RL + Z$
	m ³ /h	mm	mm	m ²	mm	m/s	Pa	m	Pa/m	Pa		Pa	Pa
1	164	200	100	0,02	152,34	2,28	3,11	1,5	0,60	0,90	1,6	4,98	5,88
2	321	200	150	0,03	188,85	2,97	5,30	0,9	0,70	0,63	1,6	8,48	9,11
3	478	200	200	0,04	218,63	3,32	6,61	2,3	0,70	1,61	2,6	17,19	18,80
4	792	250	250	0,06	273,29	3,52	7,43	1	0,60	0,60	3,8	28,25	28,85

Volumni protok zraka $q_{v,wc} = 792 \text{ m}^3/\text{h}$

Pad tlaka u zračnom kanalu $\Delta p_{wc,k} = 63 \text{ Pa}$

3.11.3. Odabir opreme

Za odsis zraka odabiremo zračni ventil ZOV-160, proizvod tvrtke Klimaoprema.

Pad tlaka na ZOV-160: $\Delta p_{wc,z} = 50 \text{ Pa}$

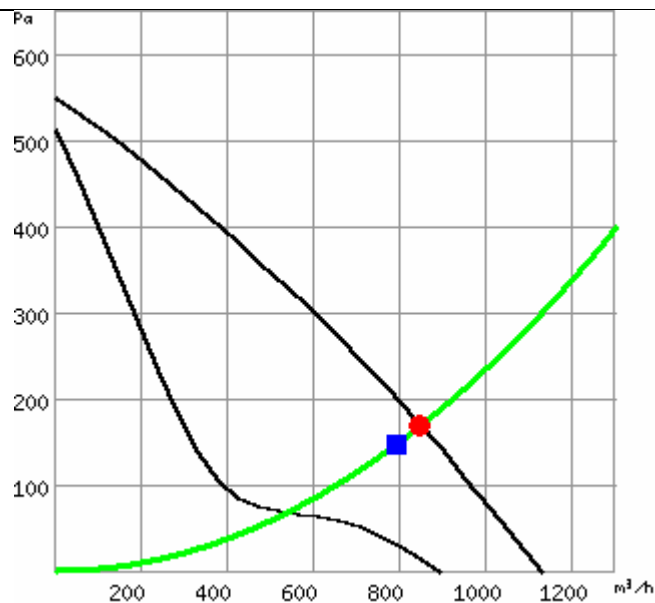
Na vanjski kraj kanala postavlja se pretlačna žaluzina tip PŽ-T 400x315 mm. Lamelle žaluzine se otvaraju strujanjem zraka kroz žaluzinu kada je ventilator uključen. Po prestanku strujanja lamelle se zatvaraju, te sprečavaju strujanje zraka u suprotnom smjeru.

Pad tlaka na PŽ-T 400x315 mm: $\Delta p_{wc,pz} = 35 \text{ Pa}$

Ukupni pad tlaka (28)

$$\Delta p_{wc} = \Delta p_{wc,k} + \Delta p_{wc,z} + \Delta p_{wc,pz} = 148 \text{ Pa} \quad (28)$$

Prema ukupnom padu tlaka i volumnom protoku zraka odabiremo kanalni ventilator proizvođača Helios, tip RR 250 C.



Slika 20. Radna točka odsisnog ventilatora sanitarnih čvorova

Zrak se u sanitarna čvorove dobavlja iz hodnika kroz dobavne rešetke ugrađene u vrata prema hodniku. Dobavne rešetke odabiremo prema količinama dobavnog zraka iz jednadžbi (26) i (27) prema dijagramima iz kataloga proizvođača, uz odabranu brzinu zraka od 1 m/s.

Za prostoriju 027 odabiremo rešetku OAS-R 625x425 mm slobodne površine 1030 cm², proizvod tvrtke Klimaoprema.

Za prostoriju 028 odabiremo rešetku OAS-R 425x225 mm slobodne površine 325 cm², proizvod tvrtke Klimaoprema.

3.12. Ventilacija kuhinje

3.12.1. Proračun potrebne količine zraka za ventilaciju

Odabrani broj izmjena zraka: $n_k = 20 \text{ h}^{-1}$

Količina dobavnog i odsisnog zraka (29)

$$q_{v,K} = n_k \cdot V_K = 20 \cdot 34 = 680 \text{ m}^3/\text{h} \quad (29)$$

Toplinski tok potreban za zagrijavanje zraka (30)

$$\begin{aligned} \Phi_{v,KD} &= q_{v,K} \cdot \rho \cdot c_p \cdot \Delta \vartheta \\ \Phi_{v,KD} &= \frac{680 \cdot 1.2 \cdot 1.38}{3600} = 8.61 \text{ kW} \end{aligned} \quad (30)$$

3.12.2. Dobavna ventilacija

3.12.2.1. Proračun pada tlaka u ventilacijskom kanalu

Tablica 12. Proračun pada tlaka kritične dionice dobavnog ventilacijskog kanala kuhinje

D.	q_v	a	b	A	d_e	w	p_{din}	L	R	$R \cdot L$	$\sum \zeta$	Z	$RL + Z$
	m ³ /h	mm	mm	m ²	mm	m/s	Pa	m	Pa/m	Pa		Pa	Pa
1	340	200	200	0,04	218,63	2,36	3,34	7	0,40	2,80	3,6	12,04	14,83
2	680	200	300	0,06	266,41	3,15	5,95	6,5	0,50	3,25	5,2	30,92	34,17

Pad tlaka u zračnom kanalu $\Delta p_{KD,K} = 49$ Pa

3.12.2.2. Odabir opreme

Za ubacivanje zraka koristit će se stropni anemostat ANE 11 500x155 mm, proizvod tvrtke Klimaoprema.

Pad tlaka na anemostatu ANE 11 500x155 mm: $\Delta p_{KD,ANE} = 38$ Pa .

Potrebno je ugraditi kutiju s filter kutiju tip FKV-C 250-F5, proizvod tvrtke Klimaoprema.

Pad tlaka na filteru FKV-C 250-F5: $\Delta p_{KD,F} = 250$ Pa .

Za zagrijavanje dobavnog zraka koristit će se toplovodni grijač zraka tip WHR 315, proizvod tvrtke Helios.

Toplinski učinak grijača: $\Phi_{V,K} = 10400$ W

Pad tlaka u grijaču: $\Delta p_{KD,G} = 20$ Pa

Na vanjski kraj kanala postavlja se fiksna žaluzina FŽ 225x325 mm sa zaštitnom mrežicom.

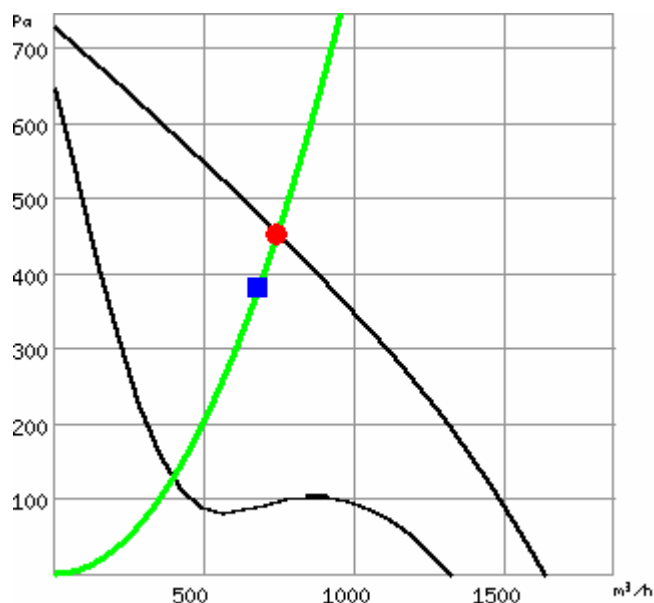
Pad tlaka na FŽ 225x325 mm: $\Delta p_{KD,FZ} = 25$ Pa

Ukupni pad tlaka potreban za odabir ventilatora (31)

$$\Delta p_{KD} = \Delta p_{KD,K} + \Delta p_{KD,ANE} + \Delta p_{KD,K} + \Delta p_{KD,F} + \Delta p_{KD,G} + \Delta p_{KD,FZ} = 319 \text{ Pa} \quad (31)$$

$$\Delta p_{KD} = 382 \text{ Pa}$$

Prema ukupnom padu tlaka i volumnom protoku zraka odabiremo kanalni ventilator proizvođača Helios, tip RR 315 C.



Slika 21. Radna točka dobavnog ventilatora kuhinje

3.12.3. Odsisna ventilacija

3.12.3.1. Proračun pada tlaka u ventilacijskom kanalu

Tablica 13. Proračun pada tlaka kritične dionice odsisnog ventilacijskog kanala kuhinje

D.	q_v	a	b	A	d_e	w	p_{din}	L	R	$R \cdot L$	$\sum \zeta$	Z	$RL + Z$
	m ³ /h	mm	mm	m ²	mm	m/s	Pa	m	Pa/m	Pa		Pa	Pa
3	680	300	300	0,09	327,95	2,10	2,64	12	0,18	2,16	4,7	12,42	14,58

Pad tlaka u zračnom kanalu $\Delta p_{ko,K} = 15 \text{ Pa}$

3.12.3.2. Odabir opreme

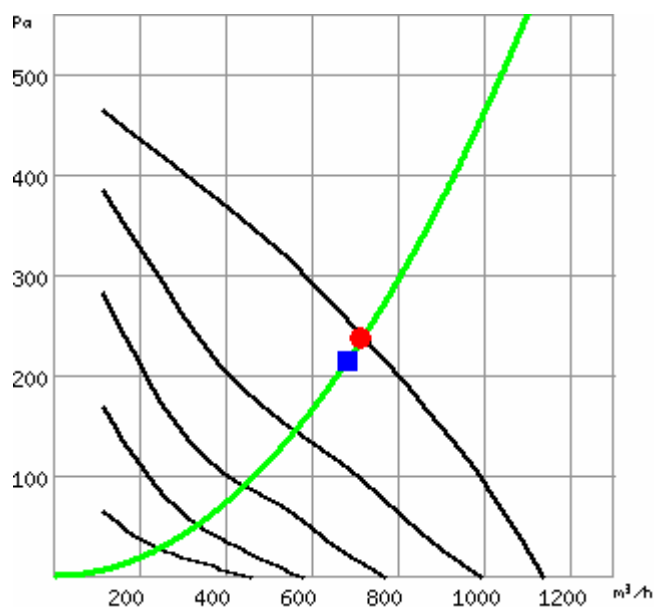
Za odsis se koristi kuhinjska napa tip NZK 1600x1000 mm, proizvod tvrtke Klimaoprema.

Pad tlaka na filteru nape: $\Delta p_{ko,F} = 200 \text{ Pa}$

Ukupni pad tlaka potreban za odabir ventilatora (32)

$$\Delta p_{ko} = \Delta p_{ko,K} + \Delta p_{ko,F} = 215 \text{ Pa} \tag{32}$$

Prema ukupnom padu tlaka i volumnom protoku zraka odabiremo radijalni krovni ventilator proizvođača Helios, tip VDRW 200/2 D. Ventilacijski kanal se vodi vertikalno do krova i na vrhu se postavlja ventilator.



Slika 22. Radna točka odsisnog ventilatora kuhinje

3.13. Specifikacija opreme

3.13.1. Grijanje

1. Plinski kondenzacijski kotao nazivnog toplinskog učinka $\Phi=370$ kW tip Vitocrossal VT3, s ugrađenim plamenikom na prirodni plin, tip MatriX, proizvod tvrtke

Viessmann,

- Duljina: 1871 mm
- Širina: 1128 mm
- Visina: 2290 mm
- Težina: 890 kg
- Priključak polaznog voda: NO 100
- Priključak povratnog voda: NO 100
- Sigurnosni priključak: NO 50
- Priključak za pražnjenje: 1"
- Priključak za odvod kondenzata: 1/2"
- Priključak dimnih plinova: 250 mm
- Normni stupanj iskorištenja: $95 (H_s) / 106 (H_i)$

kom 1

2. Regulacija za upravljanje sa četiri kruga grijanja i sustavom pripreme PTV-a u ovisnosti o vanjskoj temperaturi, tip Vitotronic 300, proizvod tvrtke Viessmann, komplet sa LON modulom i pripadajućim osjetnicima temperature

komplet 1

3. Spremnik PTV-a zapremnine $V=300$ l tip Vitocell 100-V, proizvod tvrtke Viessmann

- Duljina: 633 mm
- Širina: 705 mm
- Visina: 1746 mm
- Težina: 151 kg
- Volumen ogrjevnog vode: 10 l
- Priključci polaznog i povratnog voda: 1"
- Priključci tople vode, hladne vode i

-
- recirkulacije: 1"
- kom 1
4. Zatvorena membranska ekspanzijska posuda zapremnine $V=400$ l tip UR400471, proizvod tvrtke Varem
- Promjer: 624 mm
 - Visina: 1525 mm
 - Priključak na sustav: 6/4"
- kom 1
5. Toplovodna cirkulacijska pumpa sa elektroničkom regulacijom, tip Magna 32-60, proizvod tvrtke Grundfos
- Cijevni priključak: 5/4"
 - Ugradbena duljina: 180 mm
- kom 2
6. Toplovodna cirkulacijska pumpa sa elektroničkom regulacijom, tip Magna 32-120 F, proizvod tvrtke Grundfos
- Cijevni priključak: DN 32 PN 6
 - Ugradbena duljina: 220 mm
- kom 2
7. Toplovodna cirkulacijska pumpa tip UP 20-07 N, proizvod tvrtke Grundfos
- Cijevni priključak: 3/4"
 - Ugradbena duljina: 150 mm
- kom 1
8. Toplovodna cirkulacijska pumpa tip UPS 80-30 F, proizvod tvrtke Grundfos
- Cijevni priključak: DN 80 PN 6
 - Ugradbena duljina: 360 mm
- kom 1

9. Hidraulička skretnica tip WST 161, proizvod tvrtke Magra

- Dimenzije: 160x160x930 mm
- Maksimalan protok: 21 m³/h

kom 1

10. Razdjeljivač-sabirnik NO150 sa priključkom na primaru 2xNO100 i priključcima na sekundaru 2 x NO25, 4 x NO40 i 4 x NO50, dužina 4 m

kom 1

11. Troputni mješajući ventil DN40 tip SQS40, proizvod tvrtke ESBE

kom 2

12. Troputni mješajući ventil DN50 tip SQS50, proizvod tvrtke ESBE

kom 2

13. Nepovratni ventil:

NO 25	kom	1
NO 40	kom	4
NO 50	kom	4
NO 100	kom	1

14. Kuglasti ventil:

NO 25	kom	5
NO 40	kom	10
NO 50	kom	10
NO 100	kom	5

15. Bakrene cijevi, komplet s fitinzima i konzolama:

Cu15x1	m	2072
--------	---	------

Cu18x1	m	266
Cu22x1	m	283
Cu28x1.5	m	176
Cu35x1.5	m	290
Cu42x1.5	m	118
Cu54x2	m	163

16. Bešavne čelične cijevi, komplet s fitinzima i konzolama

NO 25	m	12
NO 40	m	10
NO 50	m	6
NO 100	m	20

17. Radijator tip Solar 600, proizvod tvrtke Lipovica

- Visina članka: 676 mm
- Priključna mjera: 600 mm
- Širina članka: 81 mm
- Ugradbena dubina: 80 mm
- Težina članka: 1.54 kg
- Sadržaj vode u članku: 0.38 l
- Toplinski učinak 90/70/20°C: 175 W
- Eksponent grijača: $n = 1.3$

članaka 2852

18. Radijatorski ventil sa termostatskom glavom 1/2", proizvod tvrtke Herz

kom 245

19. Radijatorska prigušnica 1/2", proizvod tvrtke Herz

kom 245

20. Radijatorske redukcije 1"-1/2"

kom	735
-----	-----

21. Radijatorske konzole i pričvrsnice

kom	980
-----	-----

22. Radijatorski ispusni pipac 1/2"

kom	245
-----	-----

23. Radijatorski automatski odzračni lončić 1" tip Aercal 507, proizvod tvrtke Caleffi

kom	245
-----	-----

3.13.2. Ventilacija

1. Aluminijska rešetka proizvod tvrtke Klimaoprema, tip:

OAS-R 425x225 mm	kom	6
------------------	-----	---

OAS-R 625x325 mm	kom	1
------------------	-----	---

OAS-R 625x425 mm	kom	6
------------------	-----	---

OAS-R 1025x525 mm	kom	1
-------------------	-----	---

2. Pretlačna žaluzina tip PŽ-T 400x315, proizvod tvrtke Klimaoprema

kom	6
-----	---

3. Fiksna žaluzina tip FŽ 225x325 mm, proizvod tvrtke Klimaoprema

kom	1
-----	---

4. Zračni ventil, tip ZOV-160, proizvod tvrtke Klimaoprema

kom	30
-----	----

5. Filter kutija tip FKV-C 250-F5, proizvod tvrtke Klimaoprema

kom 1

6. Stropni anemostat tip ANE 11 500x155 mm

kom 2

7. Toplovodni grijač zraka tip WHR 315, proizvod tvrtke Helios

- Toplinski učinak grijanja: 10400 W
- Priključak na ventilacijski kanal: fi 315 mm
- Priključci na vod grijanja: 1"

kom 1

8. Kanalni ventilator tip RR 250 C, proizvod tvrtke Helios

- Priključak na ventilacijski kanal: fi 250 mm

kom 6

9. Kanalni ventilator tip RR 315 C, proizvod tvrtke Helios

- Priključak na ventilacijski kanal: fi 315 mm

kom 1

10. Radijalni krovni ventilator tip VDRW 200/2 D, proizvod tvrtke Helios

- Priključak na ventilacijski kanal: 330x330 mm

kom 1

11. Kuhinjska napa tip NZK 1600x1000 mm, proizvod tvrtke Klimaoprema

kom 1

4. TEHNIČKI OPIS SUSTAVA

4.1. Sustav grijanja

Za potrebe grijanja zgrade projektiran je toplovodni sustav centralnog radijatorskog grijanja, temperaturnog režima 70°C/55°C. Izvor toplinske energije je plinski kondenzacijski kotao tip Vitocrossal 300 CT3, nazivnog toplinskog učinka $\Phi_{K,n}=370$ kW. Ogrjevne površine kotla izrađene su od nehrđajućeg plemenitog čelika, što osigurava visoku pogonsku sigurnost i dugotrajno korištenje. Kotao dolazi s ugrađenim plamenikom na prirodni plin tip MatriX. Područje modulacije rada plamenika je od 30% do 100%, što omogućuje dobru regulaciju i nisku potrošnju goriva. Kotao je opremljen sigurnosnim ventilom NO50 baždarenim na $p=3$ bar.

Ekspanzijski sustav sastoji se od zatvorene membranske ekspanzijske posude volumena $V_n = 400$ l tip UR400471. Primarni tlak ekspanzijske posude iznosi $p_0 = 1$ bar.

Hidrauličkom skretnicom tip WST 161, osigurano je uravnoteženje primarnog i sekundarnog kruga od kojih svaki pojedinačno ima cirkulacijske pumpe. U primarnom krugu ugrađena je kotlovska pumpa tip UPS 80-30 F. Razdjeljivač-sabirnik je predviđen za pet krugova grijanja, od toga se jedan krug koristi za pripremu potrošne tople vode, a ostala četiri za grijanje zgrade koja je podijeljena u četiri zone grijanja ($\Phi_{G,P1}=53144$ W, $\Phi_{G,P2}=46166$ W, $\Phi_{G,K1}=105946$ W i $\Phi_{G,K2}=126455$ W).

Pumpe za krugove grijanja zgrade su s elektroničkom regulacijom, što znači da se pumpa automatski prilagođava odabranoj radnoj točki. Pumpa za krug PTV-a i kotlovska pumpa nisu s elektroničkom regulacijom, jer volumni protok vode u ta dva kruga ne varira značajno. Dodatna prednost elektroničkih pumpi je ušteda energije. Najveća ušteda se postiže pri djelomičnom opterećenju sustava. Kada temperatura prostorija postigne željenu temperaturu, termostatski radijatorski ventili počinju prigušivati protok vode kroz radijatore, čime rastu brzine vode u mreži, a s njima i otpori mreže. Elektronička regulacija pumpe detektira porast otpora, te smanjuje dobavu, pri čemu se štedi energija. Pumpe za dvije zone grijanja prizemlja su tip Magna 32-60, a za dvije zone grijanja 1. i 2. kata su tip Magna 32-120 F.

Regulacija sustava grijanja, tip Vitotronic 300, upravlja sa četiri kruga grijanja i sustavom pripreme potrošne tople vode, te vremenom i režimom rada sustava (dnevni ili noćni). Temperatura polazne vode iz kotla i polazne vode krugova grijanja određuje se u ovisnosti o vanjskoj temperaturi, koja se mjeri vanjskim temperaturnim osjetnikom postavljenim na sjevernoj strani zgrade. Temperatura polaznog voda svakog kruga grijanja dodatno se regulira i sobnim termostatom. Za svaki krug grijanja postavlja se po jedan sobni termostat u jednoj od prostorija koju taj krug pokriva. Željena temperatura vode polaznog voda postiže se miješanjem struja polaznog i povratnog voda u troputnom mješajućem ventilu s elektromotornim pogonom.

Radijatori su člankasti, tip Solar 600. Ukupan broj radijatora je 245, te se sastoje od ukupno 2852 članaka. Svaki radijator je opremljen s radijatorskim ventilom s termostatskom glavom, radijatorskom prigušnicom, radijatorskim automatskim odzračnim lončićem i radijatorskim ispusnim pipcem. Radijatorski ventil s termostatskom glavom dodatno regulira temperaturu u prostoriji, prigušujući protok vode kroz radijator kada temperatura u prostoriji postigne odabranu temperaturu.

4.2. Sustav za pripremu PTV-a

Sustav za pripremu potrošne tople vode je akumulacijski sa spremnikom volumena $V_{PTV}=300\text{ l}$ tip Vitocell 100-V. Ogrjevnju vodu za pripremu potrošne tople vode dobavlja cirkulacijska pumpa tip UP 20-07 N preko razdjeljivača-sabirnika. Toplinski učinak potreban za pripremu PTV iznosi $\Phi_{K,PTV} = 5925\text{ W}$. Sustav je predviđen za rad uz vrijeme pripreme i vrijeme potrošnje tople vode od $z_a = z_b = 2\text{ h}$. Spremnik je opremljen i s pumpom za recirkulaciju potrošne tople vode.

4.3. Sustavi ventilacije

4.3.1. Ventilacija sanitarnih čvorova

Za svaki sanitarni čvor predviđen je zasebni sustav ventilacije. Ventilacija sanitarnih čvorova vrši se putem odsisnog ventilacijskog kanala sa ugrađenim zračnim ventilima ZOV-160. Ventilator je kanalni tip RR 250 C. Na vanjski kraj kanala postavlja se pretlačna žaluzina tip PŽ 400x315. Lamelle žaluzine se otvaraju strujanjem zraka kroz žaluzinu kada je ventilator

uključen. Po prestanku strujanja lamele se zatvaraju, te sprječavaju strujanje u suprotnom smjeru.

Dobava zraka vrši se kroz prestrujne rešetke postavljene u vratima prema hodniku.

4.3.2. Ventilacija kuhinje

Za ventilaciju kuhinje predviđena je dobavna i odsisna ventilacija.

Zrak se dobavlja u prostoriju se kroz tlačni ventilacijski kanal. Vanjski zrak ulazi kroz fiksnu žaluzinu tip FŽ 225x325 u ventilacijski kanal, prolazi kroz filtersku kutiju tip FKV-C 250-F5, zagrijava se u toplovodnom zagrijaču zraka tip WHR 315, te se kroz stropne anemostate tip ANE 11 500x155 mm ubacuje u prostoriju. Ventilator je kanalni tip RR 315 C.

Za odsis zraka koristi se kuhinjska napa tip NZK 1600x1000 mm. Od nape do krova (uz fasadu) izvodi se odsisni ventilacijski kanal, te se na vrhu kanala postavlja radijalni krovni ventilator tip VDRW 200/2 D.

5. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad, prema postavljenom zadatku, predstavlja projektno rješenje sustava grijanja zgrade Veleučilišta u Karlovcu. Uz samo grijanje zgrade, dana su i rješenja za sustav pripreme potrošne tople vode, ventilaciju sanitarnih čvorova i ventilaciju kuhinje.

Sustavi grijanja obrazovnih ustanova ne razlikuju se mnogo od sustava grijanja ostalih zgrada. Jedina razlika koju bih istaknuo je automatska regulacija. Naime, zbog specifičnog radnog vremena obrazovnih ustanova, nužno je da sustavi grijanja istih budu opremljeni kvalitetnim sustavom automatske regulacije. Kvalitetnom regulacijom omogućava se održavanje projektne temperature prostorija tijekom radnog vremena i održavanje snižene temperature u vrijeme kada ustanova ne radi uz najmanju potrošnju energije.

U današnje vrijeme kada cijene energenata neprekidno rastu nužno je projektirati energetske što učinkovitije sustave grijanja. Stoga sam u ovom radu, uz kondenzacijski plinski kotao, odabrao cirkulacijske pumpe sa elektroničkom regulacijom i radijatorske ventile s termostatskim glavama. To su elementi koji povisuju cijenu investicije, ali su dugoročno gledano isplativi upravo zbog uštede energije koju postižu.

LITERATURA

- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Axiom d.o.o., Zagreb, 1997.
- [2] Recknagel, H.: Grijanje i klimatizacija, Interklima d.o.o., V. Banja, 2004.
- [3] VIESSMANN, katalog proizvođača, 2010.
- [4] KLIMAOPREMA, katalog proizvođača 2011.
- [5] HELIOS, katalog proizvođača, 2010.
- [6] GRUNDFOS, katalog proizvođača, 2011.
- [7] MAGRA, katalog proizvođača 2011.
- [8] VAREM, katalog proizvođača 2011.

PRILOZI

- I. Proračun toplinskih gubitaka prostorije 001
- II. Proračun toplinskih gubitaka svih prostorija
- III. CD-R disk